



**You have downloaded a document from
RE-BUS
repository of the University of Silesia in Katowice**

Title: Silne wyżej nad Europą (1951-2010)

Author: Zuzanna Bielec-Bąkowska

Citation style: Bielec-Bąkowska Zuzanna. (2014). Silne wyżej nad Europą (1951-2010). Katowice : Wydawnictwo Uniwersytetu Śląskiego



Uznanie autorstwa - Użycie niekomercyjne - Bez utworów zależnych Polska - Licencja ta zezwala na rozpowszechnianie, przedstawianie i wykonywanie utworu jedynie w celach niekomercyjnych oraz pod warunkiem zachowania go w oryginalnej postaci (nie tworzenia utworów zależnych).



UNIwersYTET ŚLĄSKI
W KATOWICACH



Biblioteka
Uniwersytetu Śląskiego



Ministerstwo Nauki
i Szkolnictwa Wyższego

Zuzanna Bielec-Bąkowska



Silne wyżej nad Europą (1951—2010)



WYDAWNICTWO
UNIwersytetu śląskiego
KATOWICE 2014

Silne wyżej nad Europą
(1951—2010)



NR 3135

Zuzanna Bielec-Bąkowska

Silne wyżej nad Europą (1951—2010)

Wydawnictwo Uniwersytetu Śląskiego • Katowice 2014

Redaktor serii: Nauki o Ziemi
Andrzej T. Jankowski

Recenzenci
Ewa Bednorz
Joanna Wibig

Badania zostały przeprowadzone w ramach projektu badawczego nr N N306 047939
finansowanego przez
Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego — Narodowe Centrum Nauki

1. Wprowadzenie

W ostatnich latach klimat i jego zmiany stały się jednym z ważnych elementów dyskusji nie tylko naukowych, ale również politycznych i gospodarczych. Dzięki mediom większość mieszkańców naszej planety zrozumiała, jakie znaczenie ma ten element systemu przyrodniczego, co uwarunkowało ją na bardziej świadome korzystanie z naturalnych zasobów środowiska. Jednym z elementów kampanii ekologicznych jest zwrócenie uwagi na znaczące zmiany klimatu, jakie zachodzą w ostatnich dekadach, i na ich wpływ na dalsze losy Ziemi oraz życie i działalność człowieka.

Wpływ zmian klimatu na inne elementy środowiska i aktywność człowieka jest bardzo różnorodny. Zależy m.in. od relacji zachodzących między poszczególnymi komponentami systemu przyrodniczego, wielkości i kierunku zmian, od regionu, w którym się pojawiają, i jego wielkości czy też od trwałości zmiany. Bardzo ważne jest także to, czy zmiana dotyczy wartości średnich, czy istotnych charakterystyk elementów klimatu (wartości ekstremalnych, zakresu zmian, częstości występowania itp.). Z oczywistych przyczyn dotychczasowa uwaga była bardziej skupiona na zmianach wartości średnich, zarówno dobowych czy sezonowych, jak i rocznych (Adams i in. 1990). Wynikało to z postrzegania klimatu jako dość „stabilnego” systemu, który zmienia się bardzo powoli (z perspektywy życia człowieka), z dotychczasowych możliwości adaptacyjnych i w dużym stopniu z uniezależnienia się warunków środowiska. Jednak od pewnego czasu obserwujemy, co prawda zachodzące stopniowo, ale znaczące zmiany klimatyczne. Jednocześnie wraz z rozwojem techniki oraz zmianą naszego trybu życia wzrosła wrażliwość człowieka i jego działalności na warunki pogodowe. W szczególności dotyczy to występowania ekstremalnych zdarzeń klimatycznych (Katz i Brown 1992; Huth i in. 2000). Ich zwiększona częstość wywiera olbrzymi wpływ zarówno na ekosystemy, jak i na życie całych społeczeństw. Największe znaczenie mają zdarzenia charakteryzujące się znaczną długotrwałością. Do najważniejszych należy zaliczyć: fale upałów (wywołujące silny stres cieplny roślin, zwierząt i ludzi), susze i niską wilgotność gleb lub też znaczne opady, będące przyczyną licznych powodzi czy osunięć ziemi. Nie mniej groźne są również zdarzenia krótkotrwałe, takie jak: silny wiatr, burze, tornada czy nagłe i duże zmiany

temperatury. Jednak ten rodzaj zjawisk, mimo znaczących szkód, jakie może spowodować, charakteryzuje ogromna zmienność przestrzenna i zwykle dotyczy ograniczonego obszaru. Najczęściej efekty występowania tych i innych zdarzeń klimatycznych odciskają swoje piętno nie tylko na środowisku naturalnym (w tym zaburzenia cyklu hydrologicznego i obiegu węgla), ale przede wszystkim na naszym codziennym życiu i gospodarce (Changnon 1979; Wigley 1985; Cornford 2002; Trepińska i in. 2006; Llasat-Botija i in. 2007). Należą do nich m.in.: nadumieralność spowodowana wysoką lub bardzo niską temperaturą czy też gwałtownymi zmianami wartości elementów meteorologicznych (ciśnienia, temperatury, prędkości wiatru), zaburzenia w zaopatrzeniu w wodę, spadek plonów i straty w hodowli, pożary lasów, uszkodzenia sieci przesyłowych, zakłócenia komunikacyjne i w przesyłach informacji oraz rozprzestrzenianie się chorób (WHO 2003; Fuhrer i in. 2006). Opisywane zdarzenia i ich skutki występowały zawsze, jednak od końca ubiegłego wieku ich częstość niebezpiecznie wzrasta i coraz częściej obejmują one nowe regiony świata (IPCC 2001, 2007; Baldi i in. 2006a i b). Oprócz częstości wzrasta również intensywność i długość zdarzeń ekstremalnych oraz pojawianie się zdarzeń przeciwnych (np. susz i powodzi, fali upałów i mrozów). Jest to szczególnie dobrze widoczne w wyższych szerokościach geograficznych (Easterling i in. 2000) i często związane z zauważalnym wzrostem trwałości charakterystycznych typów cyrkulacji (Kysely i Domonkos 2006).

W wielu przypadkach wystąpienie wspomnianych zdarzeń klimatycznych związane jest z pojawieniem się nad badanym obszarem układów wysokiego ciśnienia. Dotyczy to w szczególności wyjątkowo silnych wyżów oraz sytuacji blokujących. Wyże te w sposób pośredni lub bezpośredni kształtują warunki meteorologiczne danego regionu. Najbardziej odczuwalnym efektem powstania i długotrwałego utrzymywania się takich układów są fale ciepła lub mrozów. W ostatnich latach, w związku z wystąpieniem dwóch bardzo gorących okresów letnich w latach 2003 i 2006 (Rebetez i in. 2009; Twardosz 2009), zainteresowanie tymi zdarzeniami wzrosło znacząco. Przeprowadzone badania wykazują, że po mniejszej liczbie fal ciepła występujących w Europie w latach 1961–1980 częstość ich pojawiania się zwiększyła się na całym kontynencie (nawet trzykrotnie), a podobne tendencje obserwowane są w wielu miejscach na świecie (Kunkel i in. 1996; Fink i in. 2004; Baldi i in. 2006a i b; Koźmiński i Michalska 2010; Pezza i in. 2012; Shevchenko i in. 2013). Jednocześnie zauważa się wzrost ich zasięgu przestrzennego oraz intensywności (Meehl i Tebaldi 2004; Kysely 2002; Shevchenko i in. 2013). Ponadto fale upałów stają się coraz dłuższe. W XX w. w Europie zwykle trwały one około tygodnia, natomiast od lat 90. minionego wieku liczba zdarzeń liczących ponad 12 dni wyraźnie wzrosła, a najdłuższe z nich (w latach 1992 i 1994) trwały nawet ponad 22 dni (Kysely i in. 2000; Kysely 2002). Z falami upałów związany jest nie tylko wzrost temperatury (często do ponad 40°C), ale także bardzo duże usłonecznienie (ponad 900 godz. w południowej Europie w lecie 2003 r.), znaczący deficyt opadów i występowanie susz (Namias 1964; Chang i Wallace 1987; Wibig 1994; Szinell i in. 1998; Trigo i DaCamara 2000; Baldi i in. 2006b; Fink i in. 2004; Della-Marta i in. 2007). W przypadkach najbardziej intensywnych fal upałów odczucia ciepła potęgu-

je częste występowanie temperatury maksymalnej wyższej niż 30°C oraz tzw. nocy tropikalnych ($T_{\min.} \geq 20^{\circ}\text{C}$). Wszystkie wymienione czynniki stanowią bardzo poważne zagrożenie zdrowia i życia człowieka. Dotyczy to w szczególności ludzi starszych i dzieci poniżej 4 roku życia oraz mieszkańców dużych miast (WHO 2003; Kozłowska-Szczęsna i in. 2004; Błażejczyk i McGregor 2007). Związane jest to nie tylko ze stresem termicznym, ale także z dużym usłonecznieniem, parnością oraz zanieczyszczeniem powietrza. Przykładem takich zdarzeń są wymieniona już fala ciepła w 2003 r., która pochłonęła w Europie ponad 35 tys. ofiar śmiertelnych, wywołała liczne pożary lasów (ponad 500 tys. ha na Półwyspie Iberyjskim), spadek produkcji paszy i straty ekonomiczne przekraczające 13 mld EUR (Fink i in. 2004; Feudale i Shukla 2011a i b), czy też fala upałów, jaka nawiedziła Stany Zjednoczone w 1995 r. (w centralnej części kraju temperatura przekraczała 42°C), która spowodowała liczne ofiary śmiertelne aż w 19 stanach, a miejska wyspa ciepła w Chicago spotęgowała wzrost temperatury o kolejne 3°C (Kunkel i in. 1996).

Uciążliwe może być również występowanie silnych i trwałych układów wysokiego ciśnienia w okresie chłodnym. Pojawiającym się w tym czasie falom chłodu, związanym ze znaczącym i często gwałtownym spadkiem temperatury, towarzyszą intensywne zjawiska lodowe oraz wymarzanie wielu upraw i uszkodzenia drzew (głównie wiosną, zwłaszcza gdy rośliny nie są chronione grubą pokrywą śnieżną; Malkin i Holzworth 1953). Przykładem takich zdarzeń może być jeden z najsilniejszych wyżów, jaki wystąpił na półkuli północnej (1063 hPa) w styczniu 2008 r. Układ ten rozbudował się nad północno-zachodnią Rosją i swoim zasięgiem objął także Polskę i Skandynawię, powodując długotrwały spadek temperatury nawet do -25°C (Burt 2008). Dobrze opisane w literaturze są również fale chłodu występujące często w Ameryce Północnej. W tych przypadkach rozległy wyż najczęściej przemieszcza się nad kontynentem z północnego zachodu na południe i wymusza adwekcję powietrza znad Arktyki, które może dotrzeć aż nad Florydę. Skutkiem takich warunków pogodowych jest wymarzanie owoców cytrusowych, winorośli, a także szkody w hodowli bydła, w rybołówstwie oraz uprawach zbóż i warzyw (Rogers i Rohli 1991; White i in. 2006). Liczne straty występują także w innych dziedzinach działalności gospodarczej i w Stanach Zjednoczonych w sumie sięgają nawet około 40% przeciętnych kosztów zimowego utrzymania w gospodarstwach domowych i infrastruktury państwowej (Changnon 1979). Utrudnienia pojawiają się również w dostawach wody pitnej i energii czy na drogach i lotniskach (Schmidlin 1993). Jednakże zamrożone jeziora oraz trwała pokrywa śnieżna powodują wzrost turystyki zimowej, wymarzanie szkodników, a także późniejszy spadek zachorowań w efekcie wyginięcia zwiększonej liczby wirusów i bakterii.

Należy również pamiętać o pośrednim efekcie oddziaływania antycyklonów na pogodę. W ostatnich dekadach najbardziej widoczny jest wzrost częstości układów blokujących nad Europą i ich wpływ na spadek liczby układów niskiego ciśnienia na południe od 55°N (Leckebusch i Ulbrich 2004; Leckebusch i in. 2008). Zmieniają się także ich trasy i intensywność. Wyraźnie zauważalne staje się przesunięcie tras cyklonów bardziej ku północy, co sprawia, że omijają Europę Wschodnią i Środkową. Jednocześnie nad Bałtykiem coraz częściej powstają, co prawda słabsze, ale

przemieszczające się dalej na wschód, układy niżowe (Trigo 2006; Bartholy i in. 2006; Bielec-Bąkowska 2010c). Sytuacje blokujące lub też zmiana typowego położenia układów antycyklonalnych występujących w danym regionie często prowadzą do zmian w lokalnej cyrkulacji w regionach sąsiednich. Dotyczy to m.in. zmian lokalizacji cyklonów i ich intensyfikacji w wyniku przesunięcia nad ciepły ocean lub przeszkody orograficzne, czego efektem są intensywne opady, porywiste wiatry czy nawet powodzie (Grela i in. 1999; Federico i Bellecci 2006), które w raportach WMO (*World Meteorological Organization*) uważane są za najgroźniejsze katastrofy naturalne pod względem szkód, jakie powodują (Cornford 2002; Berz 2005). Takie telekoneksje są również widoczne w przypadku innych elementów meteorologicznych, takich jak kształtowanie się pola temperatury czy przepływu strefowego (Wibig 1994; Kłysik 1995; Kłysik i Sazonov 1996; Croci-Maspoli i in. 2007).

Ten krótki przegląd wybranych zdarzeń klimatycznych pokazuje, jak ważne w dzisiejszych czasach jest poznanie współczesnych zmian klimatu i ich prognoz na dalsze dziesięciolecia. Z wiedzy tej można korzystać, by zapobiegać zmianom, za które odpowiada człowiek, i jednocześnie w celu adaptacji do tych, zwykle związanych z czynnikami naturalnymi, które są już nieuchronne (m.in. przez zmiany rodzajów upraw, adaptacji urządzeń inżynierskich oraz budynków do zmienionych warunków pogodowych czy właściwą profilaktykę zdrowotną w społeczeństwie). W szczególności odnosi się to do występowania zdarzeń ekstremalnych, które należą do najtrudniejszych zagadnień badawczych w klimatologii i najtrudniejszych elementów prognoz meteorologicznych. Ze względu na znaczenie cyrkulacji, która determinuje występowanie bardzo wielu zdarzeń pogodowych, dalszych i bardzo szczegółowych badań wymagają przede wszystkim zmiany cyrkulacji atmosferycznej, zarówno w skali globalnej, jak i lokalnej oraz tak w ujęciu całościowym, jak i zmian poszczególnych jej elementów.

1.1. Układy wysokiego ciśnienia jako ważny element cyrkulacji atmosfery

Cyrkulacja atmosfery to, oprócz dopływu promieniowania słonecznego, najważniejszy czynnik kształtujący klimat poszczególnych obszarów Ziemi. Podobne stwierdzenia znajdziemy w większości podręczników poświęconych meteorologii i klimatologii oraz w wielu pracach opisujących cyrkulację atmosfery na kuli ziemskiej. I chociaż cyrkulacja rozumiana jako *system makroskalowych prądów powietrznych w skali całej planety, półkuli lub kontynentu* (Niedźwiedź 2003a) jest już dość dobrze poznana, to nadal pozostaje skomplikowanym systemem, którego mechanizm działania kryje jeszcze wiele niewyjaśnionych procesów. Taki charakter cyrkulacji jest wynikiem wspólnego oddziaływania na atmosferę wielu elementów środowiska przyrodniczego. Powoduje to również jej bardzo dużą zmienność zarówno czasową, jak i przestrzenną. Pewnym odzwierciedleniem cyrkulacji atmosferycznej jest prze-

strzenny rozkład pola ciśnienia oraz związanych z nim elementów meteorologicznych uśrednionych w czasie i przestrzeni (Ustrnul 1997). Jednak bardzo trudno byłoby się doszukać takiego rozkładu występującego w jakimś konkretnym dniu (Chromow 1969). Nawet w klasycznych opracowaniach klimatologicznych zwykle schemat cyrkulacji przedstawia się przynajmniej dla dwóch miesięcy (stycznia i lipca) reprezentujących skrajne położenie Ziemi wobec Słońca.

Badania poświęcone cyrkulacji atmosfery są bardzo liczne i dotyczą różnorodnych zagadnień (np. zmienności czasowej i przestrzennej), związków (np. z warunkami pogodowymi, z antropopresją) i elementów tego systemu (m.in.: układów barycznych, prądów strumieniowych, stref i komórek cyrkulacyjnych). Jednym z nich jest występowanie układów wysokiego ciśnienia. Jest to chyba najslabiej opisany element cyrkulacji atmosfery. Można się o tym przekonać, przeglądając monografie i podręczniki oraz publikacje dotyczące zagadnień klimatologicznych. Ilość miejsca czy też liczba prac poświęconych wyżom jest w nich wielokrotnie mniejsza niż w przypadku układów niskiego ciśnienia (Zwieriew 1965; Chromow 1969; Crowe 1987; Degirmendzić 1998; Barry i Carleton 2001). Ten brak większego zainteresowania występowaniem obszarów o wyższym ciśnieniu zauważalny jest już od początków badań nad cyrkulacją atmosferyczną. Po wynalezieniu barometru przez Torricellego w 1643 r. rozpoczęła się era pomiarów ciśnienia i poznawania praw rządzących jego zmianami w czasie i przestrzeni. Pomiaru te były prowadzone głównie w stałych punktach pomiarowych (często związanych z obserwatoriami astronomicznymi), które od 1654 r. zaczęły tworzyć sieci obserwatoriów meteorologicznych (np. Sieć Florentyńska, Pałatyńska czy Sieć Towarzystwa Królewskiego; Trepiańska 1997, 2007; Sorbian 2004). Bardzo ważne były także badania wykonywane podczas podróży morskich, które przyczyniły się m.in. do sformułowania przez Halleya (w drugiej połowie XVII w.) teorii powstawania pasatów (Sorbian 2004). W ciągu kolejnych dwustu lat powstawały pierwsze schematy ogólnej cyrkulacji atmosfery (Hadleya czy Maury'ego). Opisywano w nich przede wszystkim ogólny rozkład wiatrów na kuli ziemskiej oraz wspomniano o strefach wyższego lub niższego ciśnienia. Dzięki wynalezieniu telegrafu (1837) możliwe stało się szybkie zbieranie danych meteorologicznych, na podstawie których zaczęto kreślić pierwsze mapy synoptyczne i zapoczątkowano rozwój prognoz pogody. W ten sposób na mapach możliwa była identyfikacja różnych układów barycznych, w tym niżów i wyżów. Po raz pierwszy wyż jako *układ zamkniętych izobar obejmujących obszar wysokiego ciśnienia* określił Galton w 1863 r. (za: Crowe 1987). Wyże widniały już także na pierwszych mapach średniego rozkładu ciśnienia wykreślonych przez Buchana w 1869 r., a Teisseirenc de Bort (1883) główne układy wyżowe i niżowe nazwał *centrami działania atmosfery* (*centers of actions*; Barry i Carleton 2001). Wydaje się zatem, że wyże są równie interesujące, jak szeroko opisywane układy niskiego ciśnienia. Jednak nawet Shaw (brytyjski meteorolog) i współczesny mu Bjerknes (w pierwszej połowie XX w.) bardziej skupiali się na ruchu powietrza i wiązali go przede wszystkim z układami niskiego ciśnienia niż na *antycyklonach*. Sam William Napier Shaw wyże traktował jako „obszary gromadzenia się powietrza”, które w wyniku ruchu atmosfery napłynęło do tego miejsca i niejako oczekuje na kolejną możliwość zmia-

ny położenia (za: Crowe 1987). Dopiero rozwój lotnictwa, odkrycie prądów strumieniowych i coraz bardziej szczegółowe badania atmosfery pozwoliły na stworzenie pełniejszego obrazu cyrkulacji powietrza na Ziemi oraz powstawania i występowania układów wysokiego ciśnienia (Wexler 1937). Wyróżniono wyżej „dynamiczne” i „termiczne”, podzielono je na „chłodne” i „ciepłe”, określono ich zasięg pionowy oraz związki z innymi elementami meteorologicznymi.

Dynamiczny rozwój badań poświęconych powstawaniu i występowaniu antycyklonów zapoczątkowany został w drugiej połowie XX w., a ze względu na zachodzące zmiany klimatu w ostatnich latach zagadnienia te są szczególnie wnikliwie opisywane. Duża liczba powstałych prac dotyczy ogólnego rozkładu ciśnienia i jego zmienności oraz występowania obu rodzajów układów barycznych (Zishka i Smith 1980; Sahsamanoglou 1990; Ceppa i Colucci 1989; Pezza i Ambrizzi 2003; Pezza i in. 2007). Jednak dominacja badań dotyczących cyklonów spowodowała, że analiza występowania i prognozowania występowania antycyklonów (z wykorzystaniem modeli meteorologicznych) bardzo często jest obciążona znaczącymi błędami. Dotyczą one przede wszystkim ich intensywności, tras i szybkości przemieszczania się oraz trwałości układów (Colucci i Bosart 1979; Grumm i Gyakum 1986; Hawes i Colucci 1986; Ceppa i Colucci 1989; Donohoe i Battisti 2009).

Wśród opracowań dotyczących głównie antycyklonów wyróżniają się badania genezy oraz zmian występowania układów wysokiego ciśnienia zaliczanych do stałych elementów cyrkulacji. Ich rozwój jest związany z różnymi procesami termodynamicznymi, spośród których najbardziej znane to osiadanie powietrza oraz radiacyjne wychładzanie w dolnych warstwach troposfery, szczególnie istotne w okresie zimowym (Curry 1987; Hoskins 1996; Panagiotopoulos i in. 2005; Jones i Cohen 2011). W lecie na powstawanie opisywanych ośrodków barycznych dominujący wpływ ma występowanie stacjonarnych fal Rossby’ego i ich związek z istnieniem wielkoskalowego źródła ciepła nad Azją (Chen i in. 2001). Zauważalny jest też wpływ temperatury powierzchni oceanów, szczególnie w obszarach zimnych prądów morskich u zachodnich wybrzeży kontynentów (Miyasaka i Nakamura 2005, 2010). Temperatura powierzchni oceanów wpływa na powstawanie oraz na położenie wyżów, chociaż jej oddziaływanie jest słabsze na półkuli północnej niż południowej. Tworzenie się antycyklonów wyraźnie wzmacnia również występowanie różnicy temperatury między lądem a oceanem (Shabbar i in. 2001; Seager i in. 2003). Wszystkie te czynniki powodują, że występowanie i położenie układów wysokiego ciśnienia zmieniają się nie tylko w wieloleciu i w ciągu roku, ale zmiany ulega również ich zasięg pionowy. Bardzo często nad wyżami zaznaczającymi się w dolnej troposferze, na górnych poziomach izobarycznych, występują bruzdy lub układy niskiego ciśnienia (Chen i in. 2001). Jednocześnie nad obszarami obniżonego ciśnienia występującymi przy powierzchni ziemi, w środkowej i górnej troposferze, pojawiają się układy podwyższonego ciśnienia, które znacząco mogą wpływać na warunki cyrkulacyjne danego obszaru. Doskonałym przykładem tego rodzaju cyrkulacji są letnie subtropikalne antycyklony występujące nad Afryką i Azją (Zarrin i in. 2010).

S. Nigam i S.C. Chan (2008) w swojej pracy poświęconej występowaniu i zasięgowi letnich antycyklonów na północnym Pacyfiku i w północnej części Oceanu Atlantyckiego (które w lecie zajmują prawie połowę półkuli północnej) wykazali związki między wyżami umiarkowanych szerokości i monsunami oraz występowaniem zimowych układów niskiego ciśnienia. Na relacje między Wyżem Syberyjskim a monsunami wskazali także Ch.-P. Chang i M.-M. Lu (2012). Zwrócili oni uwagę na spadek częstości występowania układów blokujących nad Uralem w trakcie pozytywnej fazy Oscylacji Arktycznej (AO), co może zostać wykorzystane do prognozowania występowania układów wyżowych nad Azją. Podobny związek Wyżu Syberyjskiego z AO wykazali także B. Wu i J. Wang (2002a i b) oraz A. Tubi i U. Dayan (2013). Y. Ding i T.N. Krishnamurti (1987), M.J. Rodwell i B.J. Hoskins (2001), jak również R. Seager i in. (2003) zauważyli, że monsuny co prawda sprzyjają powstawaniu antycyklonów, ale z reguły wpływają na tworzenie się słabych układów barycznych.

Wpływ Wyżu Syberyjskiego zaznacza się w zmianach wielu elementów meteorologicznych, także w bardziej odległych regionach (Degirmendžić 1998). W największym stopniu warunkuje on zmiany cyrkulacji, temperatury powietrza i pokrywy lodowej, szczególnie w obszarze Arktyki i Pacyfiku, co przedstawili B. Wu i J. Wang (2002a i b) oraz F. Panagiotopoulos i in. (2005). Wymienieni autorzy zwrócili jednocześnie uwagę na zauważalny spadek ciśnienia w centrum tego największego z wyżów półkuli północnej, jaki jest notowany od końca lat 70. XX w., co potwierdziły też wyniki badań przeprowadzonych przez D.-Y. Gong i C.-H. Ho (2002). Uzupełnienie badań dotyczących występowania zimowych wyżów stanowi opracowanie J.E. Jones'a i J. Cohena (2011), w którym autorzy opisali najsilniejsze wyże, jakie występowały na Syberii i Alasce w latach 1957—2002. W pracy tej zaprezentowane zostały nie tylko liczba i obszary występowania najsilniejszych antycyklonów (odpowiednio o ciśnieniu w centrum układu równym lub wyższym niż 1060 hPa czy 1050 hPa), ale także rozkład pola ciśnienia, jaki związany jest z wystąpieniem takich zdarzeń, oraz charakterystyka procesów sprzyjających ich powstaniu.

Ciekawe są również prace poświęcone nieco słabszym antycyklonom. M.C. Serreze i A. Barrett (2011) opisali występowanie dość stałego wyżu nad Morzem Beauforta i jego wpływ na temperaturę powietrza nad Oceanem Arktycznym, a N. Sato i M. Takahashi (2007) — powstawanie wyżu nad Morzem Ochockim. Z kolei związek temperatury powietrza z Wyżem Grenlandzkim już w latach 70. XX w. przedstawili H. van Loon i J.C. Rogers (1978). Występowanie wyżów w południowej Europie dość szczegółowo zostało scharakteryzowane m.in. w opracowaniach: N. Goddeva (1971), T.J. Makrogiannisa i B.D. Gilesa (1980), B.D. Katsoulisa i in. (1998) oraz E. Kostopoulou i P.D. Jones'a (2007). Autorzy zwrócili uwagę na rozmiary występujących w tym regionie wyżów (500—2000 km), ich przebieg roczny (z maksimum w lecie) i zmienność wieloletnią (wyraźny wzrost ich częstości we wschodniej części regionu). Wskazali również obszary największej częstości występowania antycyklonów, opisali zmiany ich położenia oraz wpływ Wyżu Azorskiego i Syberyjskiego na kształtowanie pogody tego regionu. Analizie została również poddana długość trwania występujących tam antycyklonów, a także wpływ orografii na ich genezę.

Przykładem prac poświęconych Wyżowi Azorskiemu są opracowania: R.E. Davisa i in. (1997), A. Zarrina i in. (2010) czy M.J. Iqbala i in. (2013). Zwrócono w nich szczególną uwagę na typy pola ciśnienia, jakie towarzyszą występowaniu tego układu, oraz na ich zmienność wieloletnią (1899—1990). Zbadano także roczne zmiany położenia centrum Wyżu Azorskiego i jego oddziaływanie na elementy klimatu w dolnej troposferze. Z kolei H.S. Sahsamanoğlu (1990) zaprezentował zmiany intensywności Wyżu Azorskiego oraz — na tej podstawie — wydzielił 3 epoki występowania tego układu barycznego. Wyniki badań poświęconych temu układowi wysokiego ciśnienia wskazują na wzrost jego intensywności, jaki nastąpił w drugiej połowie XX w., oraz na jego silne oddziaływanie na występowanie opadów na Środkowym Wschodzie. I mimo że pod koniec XX w. zauważa się spadek liczby wyżów półkuli północnej (Şen i Koçak 1999), w ostatnich latach wzrasta nie tylko intensywność, ale i zasięg (w kierunku zachodnim) subtropikalnych wyżów występujących na północnym Atlantyku. Podejrzewa się, że opisywane zmiany mogą mieć związek z antropopresją, co sugeruje pogłębianie się tych tendencji w przyszłości (Li i in. 2011).

Nieco mniej jest opracowań poświęconych układom wysokiego ciśnienia występującym po południowej stronie równika. Do najważniejszych należy zaliczyć pracę M.R. Sinclaira (1996), w której autor przedstawił bardzo szczegółową charakterystykę występowania wyżów południowej półkuli. W ostatnich latach podobne prace, uwzględniające wieloletnią zmienność wyżów o różnej intensywności, trasy i regiony ich występowania oraz ich relacje ze wskaźnikami cyrkulacji, zaprezentowali A.B. Pezza i T. Ambrizzi (2003), S.B. Cerne i N.E. Possia (2004) oraz A.B. Pezza i in. (2007). J.D. Lenters i K.H. Cook (1997) opisali genezę Wyżu Boliwijskiego oraz jego wpływ na opady w Ameryce Południowej. Natomiast analizę roli różnych czynników, w tym orografii, determinujących występowanie antycyklonów półkuli południowej można znaleźć w pracy J. Richtera i C.R. Mechoso (2008).

Osobną grupę prac stanowią badania poświęcone wyżom występującym w obszarach polarnych, głównie zaś w Arktyce. Teoria powstawania w tych obszarach układów podwyższonego ciśnienia pojawiła się już pod koniec XIX w. (Helmholtz 1888, za Barrym, Carletonem 2001) i występowała w większości koncepcji dotyczących cyrkulacji atmosfery (Crowe 1987), a jeden z pierwszych fizycznych opisów powstawania polarnych antycyklonów został przedstawiony przez H. Wexlera (1937). Rozbudowa sieci stacji meteorologicznych w regionach polarnych w drugiej połowie ubiegłego wieku oraz rozwój badań satelitarnych pozwoliły na dokładniejsze poznanie cyrkulacji atmosferycznej tych obszarów. Zagadnienie to jest szczególnie ważne, ponieważ klimat tego regionu w znacznej mierze zależy od dopływu energii z niższych szerokości geograficznych (w Arktyce 95% energii dopływa dzięki cyrkulacji atmosferycznej; Aleksiejew i in. 1991). Ponadto klimat regionów polarnych jest bardzo czuły na wszelkie zmiany zachodzące w systemie klimatycznym i bywa traktowany jako wskaźnik przyszłych zmian w regionach z nim graniczących (Przybylak 2000; Serreze i in. 2000; IPCC 2007).

Ogólne prawidłowości występowania wyżów arktycznych czy antarktycznych omówione zostały m.in. w pracach: D. Martyn (1987), T. Niedźwiedzia (1997) czy

R.G. Barry'ego i A.M. Carletona (2001). Natomiast już B.L. Dzerdzeevskii (1975a) wykazał, że wyże występujące w Arktyce nie odznaczają się taką stałością, jak wyże nad Antarktydą i bardzo często ich miejsce zajmują szybko przemieszczające się układy niskiego ciśnienia. Wyniki te znalazły swoje potwierdzenie również w późniejszych pracach, w których podkreślano znaczący udział niżów w kształtowaniu klimatu Arktyki (Jones 1987; Serreze i in. 1993). W pracy J. Cassano i in. (2006) prognozowany jest spadek częstości występowania wysokich wartości ciśnienia w Arktyce, i to zarówno w półroczu chłodnym, jak i ciepłym. Jednocześnie, zdaniem autorów, coraz częściej do tego obszaru miałyby docierać niży północnego Atlantyku. Przewiduje się, że układy wysokiego ciśnienia będą dominowały jedynie nad Oceanem Arktycznym i Grenlandią w okresie letnim. Na wzrost liczby i intensywności cyklonów występujących w obszarze Arktyki wskazują również wyniki prac A.A. Dmitriewa (1994) czy M.C. Serreze'a i in. (1993, 1997, 2000). Ich autorzy stwierdzają także pewien wzrost liczby wyżów w ciepłej połowie roku, zauważalny w drugiej połowie XX w. (Serreze 1993). Największy spadek ciśnienia został odnotowany w azjatyckiej części Arktyki i występował przede wszystkim w lecie i jesienią. Natomiast nad Grenlandią zmiany ciśnienia były niewielkie lub też można mówić o pewnym wzroście ciśnienia w okresie zimowym (Walsh i in. 1996). Takie regionalne zróżnicowanie zmian ciśnienia w Arktyce, zarówno w ujęciu wieloletnim, jak i rocznym, wynikające ze zmian częstości występowania układów barycznych, odpowiada za występowanie różnych kierunków i wielkości zmian innych elementów meteorologicznych w tym regionie oraz obszarach przyległych (Barry i in. 1975; Maslanik i in. 1996; Przybylak 1996; Niedźwiedź 2001, 2003b). Większą stałością charakteryzują się układy wysokiego ciśnienia występujące nad Antarktydą. Jednak również w rejonie bieguna południowego zauważa się spadek średnich wartości ciśnienia. Towarzyszy mu wzrost temperatury, związany z większą częstością cyrkulacji strefowej oraz powstawaniem coraz silniejszych układów niskiego ciśnienia (Jones i Wigley 1988; Turner i in. 2005), co jest szczególnie dobrze widoczne we wschodniej części Antarktyki (Kejna 2007).

Układy wysokiego ciśnienia w szczególnie sposób kształtują warunki pogodowe i klimat obszarów, nad którymi występują. Ich wpływ jest wyjątkowo silny w rejonach, w których występują jako układy stacjonarne lub *quasi*-stacjonarne (wyże podzwrotnikowe, kontynentalne wyże zimowe czy też wyże występujące nad lodami morskimi i lądolodami). Nieco inny charakter ma występowanie wyżów w szerokościach umiarkowanych. Ich pojawienie się zwykle przerywa przepływ strefowy nad danym regionem i nazywane jest sytuacją blokującą (*blocking*) (Liu 1994; Barry i Carleton 2001). Zaistnienie takiej sytuacji synoptycznej wymusza przepływ południkowy, kształtowanie się typowej dla danej pory roku pogody wyżowej, odchylenie trajektorii pozostałych układów barycznych ku północy lub południowi (Elliott i Smith 1949; Barry i Carleton 2001). Blokujące wyże zaliczane są do wielkoskalowych zjawisk synoptycznych (Tsou i Smith 1990; Liu 1994; Lupo i Smith 1994). Zwykle należą do ciepłych i wysokich układów barycznych, występujących najczęściej zimą i wiosną, a ich trwałość może dochodzić do kilku tygodni (Lejenäs 1984; Niedźwiedź 2003b). Pierwsze, dość szczegółowe i kompleksowe, badania występo-

wania sytuacji blokujących miały miejsce już w połowie ubiegłego wieku, czego przykładem może być praca R.D. Elliotta i T.B. Smitha (1949). W tym czasie przeprowadzono także próby zdefiniowania i wydzielania sytuacji blokujących, korzystając z subiektywnych (rozkład pola ciśnienia na poziomie 500 hPa, zmiany położenia prądu strumieniowego, nagła zmiana przepływu zachodniego na południkowy i trwałość układu barycznego — minimum 5 lub 10 dni; Rex 1950a i b; Treidl i in. 1981; Tyrlis i Hoskins 2008a i b), a następnie obiektywnych kryteriów (wielkość i trwałość anomalii wysokości powierzchni 500 hPa oraz jej położenie geograficzne; Illiari i in. 1981; Lejenäs i Økland 1983; Shukla i Mo 1983; Dole 1986; Liu 1994). W kolejnych latach badania dotyczące wyżów blokujących były uzupełniane charakterystyką ich dynamiki i związków z falami planetarnymi (Egger 1978; Austin 1980; Frederiksen 1982; Tsou i Smith 1990), poruszano również problemy prognozowania pogody w sytuacjach pojawiania się wyżów blokujących (Watson i Colucci 2002). Powstało wiele prac poświęconych ich charakterystyce klimatologicznej. Autorzy tych prac wskazują na dość duże fluktuacje rocznej liczby wyżów blokujących i niewielkie okresy większej częstości ich występowania (około 1890 r., w 1930 r. i w latach 60. XX w.), ale równocześnie na brak wyraźnej tendencji ich zmian (Stein 2000). W wielu opracowaniach zwraca się uwagę na: roczną zmienność częstości występowania sytuacji blokujących, wzrost ich liczby w ujemnej fazie NAO, obszary ich najczęstszego występowania na północnym i południowym Atlantyku oraz Oceanie Spokojnym, nad Nową Zelandią oraz wschodnią Europą i zachodnią Azją (Dole i Gordon 1983; Lejenäs 1984; Knox i Hay 1985; Trenberth i Mo 1985), czas trwania (średnio 10—15 dni, wyjątkowo ponad 30 dni) czy intensywność układów wyrażoną różnymi indeksami intensywności (Brezowsky i in. 1951; Treidl i in. 1981; Lejenäs i Økland 1983; Økland i Lejenäs 1987; Stein 2000). Podobne prace poświęcone zostały blokującym wyżom występującym na półkuli południowej (Leighton 1994; Sinclair 1996). Ich wyniki wskazują na duże podobieństwa między wyżami blokującymi obu półkul i ich związek z El Niño (Trenberth i Mo 1985; Marques i Rao 1999, 2000). Bardzo dobre podsumowanie badań dotyczących tego zagadnienia oraz porównanie występowania sytuacji blokujących na kuli ziemskiej można znaleźć w pracy J.M. Wiedenmanna i A.R. Lupo z 2002 r. oraz w opracowaniu D. Barriopedro i in. (2006).

Uzupełnieniem badań poświęconych występowaniu antycyklonów, niejako pośrednią metodą badań, jest analiza zmienności cyrkulacji atmosferycznej oparta na klasyfikacjach typów cyrkulacji (sytuacji synoptycznych) oraz wskaźników cyrkulacji. Ze względu na makrosynoptyczną skalę wyróżnionych typów cyrkulacji najbardziej podobne do prac poświęconych sytuacjom blokującym są badania, w których wykorzystuje się jedno z najstarszych klasyfikacji synoptycznych G.J. Wangenheima (1938), A.A. Girsy (1948, 1971, 1977), B.L. Dzerdzeewskiego (1970) czy L.A. Dydyń (1982). W klasyfikacjach tych autorzy wydzielili od 3 makrotypów do kilkunastu typów cyrkulacji (połączonych w kilka głównych grup procesów cyrkulacyjnych). Wśród typologii powstałych dla mniejszych obszarów należy wyróżnić podział na te powstałe w wyniku subiektywnej lub obiektywnej metody klasyfikacji. Przykładem

pierwszej metody są kalendarze cyrkulacji H.H. Lamba (1950), „Grosswetterlagen” P. Hessa i H. Brezowsky’ego (1977), B. Osuchowskiej-Klein (1991) czy T. Niedźwiedzia (1981, 2012). W drugiej metodzie typy cyrkulacji wydziela się na podstawie wartości charakteryzujących pole ciśnienia na poziomie morza oraz w górnej troposferze, stosując różne metody grupowania. W ten sposób powstają „uniwersalne” typy cyrkulacji (które mogą być później wykorzystywane do opisu związków cyrkulacji z innymi elementami meteorologicznymi) lub też typy cyrkulacji związane z występowaniem określonych zjawisk meteorologicznych czy klimatologicznych (Lund 1963; Lityński 1969; Kożuchowski 1989; Jones i in. 1993; Buishand i Brandsma 1997; Ustrnul 1997; Hanssen-Bauer i Førland 2000; Wibig 2001; Philipp 2009; Back i Philipp 2010; Philipp i in. 2010). Wszystkie te klasyfikacje, niezależnie od domeny i okresu, na podstawie którego zostały stworzone, uwzględniają występowanie układów wysokiego ciśnienia. Zazwyczaj są one opisywane jako typy bezadwekcyjne (np. Ca — centrum wyżu; Niedźwiedź 1981, 2012) lub charakterystyczne rozkłady pola ciśnienia nad danym obszarem (np. HFA — wyż nad Fennoscandią, Grosswetterlagen; typ środkowoeuropejski (blokadowy); Wibig 2001). Tak wydzielone typy cyrkulacji mogą być również wykorzystane do tworzenia indeksów cyrkulacji, które następnie służą do badania zmian zachodzących w atmosferze nad danym regionem lub też do szukania związków między występowaniem wyżów a innymi elementami czy zjawiskami meteorologicznymi (Niedźwiedź 1993). Przez wielu autorów opisywane są również relacje między występowaniem wyżów (blokujących) a wskaźnikami cyrkulacji „sterującymi” cyrkulacją, szczególnie w obszarach pozazwrotnikowych. Dotyczy to przede wszystkim wskaźników NAO (Oscylacja Północnego Atlantyku) i PNA (Wskaźnik Pacyficzno-Amerykański), które wykazują silną ujemną korelację z występowaniem układów blokujących (Croci-Maspoli i in. 2007). Jednak podobne związki są analizowane, z uwzględnieniem takich wskaźników, jak: AO (Oscylacja Arktyczna), ENSO (El Niño-Southern Oscillation) czy też PDO lub IPO (Dekadowa lub Międzydekadowa Oscylacja Pacyficzna), (Shabbar i in. 2001; Wu i Wang 2002a i b; Scherrer i in. 2006; Pezza i in. 2007; Chung i in. 2012, 2013; Athar i in. 2013).

Na zakończenie warto również wspomnieć o badaniach typów pogody. Przy czym należy pamiętać, że pojęcie typu pogody oznacza zespół (kompleks) współdziałających elementów meteorologicznych, charakteryzujących pogodę występującą danego dnia nad rozpatrywanym obszarem (Piotrowicz 2010), a nie, jak czasami określa się w klimatologii synoptycznej, wyróżniony typ sytuacji synoptycznej (Stefanicki i in. 1998; Brown 2004). Wśród prac dotyczących typów pogody można wydzielić dwa główne nurty. Pierwszy to ogólna charakterystyka występujących w określonym regionie typów pogody, ich przebieg roczny i wieloletni czy zmiany z dnia na dzień (Maheras 1984; Woś 1999; Piotrowicz 2010; Piotrowicz i Szlagor 2013). Drugą i liczną grupę prac stanowią badania dotyczące występowania określonych typów pogody i ich relacji z typami cyrkulacji atmosfery (Kaszewski 1992; Bogucki i Woś 1994; Sheridan 2003; Michailidou i in. 2009a i b). Tego rodzaju badania, ponownie w sposób pośredni, pozwalają śledzić zmiany występowania układów wysokiego ciśnienia i jednocześnie ich oddziaływanie na pogodę. Przykładem tego rodzaju analizy

jest praca P. Domonkosa i in. (2003), przedstawiająca znaczący wpływ układów wyżowych na występowanie najzimniejszych i najcieplejszych dni w Europie Środkowej w XX w., czy też prace opisujące typy pogody towarzyszące silnym układom barycznym w Krakowie (Bielec-Bąkowska i Piotrowicz 2011, 2012).

1.2. Cel i zakres pracy

Jak wykazano w poprzednim rozdziale, wiedza dotycząca występowania układów wysokiego ciśnienia na Ziemi ma albo bardzo ogólny, albo bardzo regionalny charakter. Można także zauważyć, że wiele prac zostało poświęconych zbadaniu zależności między występowaniem ekstremalnych zdarzeń klimatycznych czy specyficznych zmian klimatu a pojawianiem się antycyklonów. Bardzo często miały one charakter studiów poszczególnych przypadków. Niewiele jest natomiast badań, w których dominuje podejście klimatologiczne, uwzględniające występowanie wyżów w ujęciu wieloletnim i w dużej skali przestrzennej. Ponadto w dotychczasowych analizach z reguły nie rozpatrywano intensywności układów wysokiego ciśnienia, a jedynie fakt ich wystąpienia i ewentualnie trwałość systemu.

Wspomniane przesłanki oraz opinie o wzroście częstości zdarzeń ekstremalnych, w tym tych związanych z silnymi wyżami, stały się inspiracją do podjęcia badań, których celem było określenie przestrzennego i czasowego zróżnicowania występowania wyjątkowo silnych wyżów nad Europą. Pozwoliły one również na poszerzenie wiedzy o intensywności i długotrwałości silnych układów wyżowych oraz na sprawdzenie, czy obserwowane w ostatnim stuleciu zmiany klimatu znajdują swoje odzwierciedlenie w wyraźnych zmianach liczby pojawiających się wyżów. Ze względu na genezę, zasięg oraz stopień wpływu najważniejszych układów barycznych na klimat wspomnianego kontynentu w pracy wzięto pod uwagę nie tylko obszar Europy, ale szeroko rozumiany sektor euroatlantycki, którego granice opisane zostały w rozdziale następnym.

Realizacja podejmowanego problemu badawczego przeprowadzona była w kilku etapach, które pozwoliły odpowiedzieć na najważniejsze pytania dotyczące występowania rozpatrywanych układów barycznych. Kluczowe były pytania: *Jakie układy antycyklonalne należy uznać za silne lub bardzo silne?* oraz *Czy na całym analizowanym obszarze „siła” układów wyżowych jest podobna?* Otrzymane wyniki nasunęły kolejne pytania:

- *Czy istnieje wyraźne zróżnicowanie regionalne występowania silnych układów wysokiego ciśnienia?*
- *Jaka cecha występowania silnych wyżów decyduje o ich regionalnym zróżnicowaniu?*
- *Czy wieloletnie zmiany częstości występowania silnych układów antycyklonalnych są podobne w poszczególnych częściach rozpatrywanego obszaru, czy zależą od regionu?*

- Czy silne antycyklony zwykle występują w obszarach związanych z działalnością centrów aktywności atmosfery (Wyżu Azjatyckiego, Azorskiego czy Grenlandzkiego), czy też istnieją również inne charakterystyczne rejony ich występowania?
- Czy ich wystąpieniu towarzyszą jakieś charakterystyczne cechy pola ciśnienia nad badanym obszarem?
- Jaka jest zależność między intensywnością a długością trwania silnych układów wysokiego ciśnienia?
- Czy w świetle obserwowanych zmian klimatu zauważa się zmiany przestrzennego rozkładu występowania wyżów?

Znalezienie odpowiedzi na przytoczone pytania doprowadziło od powstania szczegółowej charakterystyki występowania silnych układów wysokiego ciśnienia nad badanym obszarem, a uzyskane wyniki stanowią uzupełnienie badań poświęconych współczesnym zmianom cyrkulacji atmosferycznej i występowania ekstremalnych zdarzeń klimatycznych.

Podstawą przeprowadzonych badań były średnie dobowe wartości ciśnienia na poziomie morza oraz wysokość powierzchni izobarycznej 500 hPa, określona dla punktów gridowych w siatce o rozdzielczości przestrzennej $2,5^\circ \times 2,5^\circ$ położonych w obrębie sektora euroatlantyckiego, z okresu 1951—2010. Ponadto w opracowaniu wykorzystano mapy synoptyczne oraz mapy pola barycznego w środkowej troposferze. Szczegółowy opis rozpatrywanego obszaru i danych źródłowych oraz metody, jakie zastosowano w pracy zostaną scharakteryzowane w rozdziale 1.3 zatytułowanym *Materiał badawczy i metoda opracowania*.

Ze względu na klimatologiczny charakter podjętych badań, oraz aby móc prawidłowo ocenić intensywność układów barycznych występujących w analizowanym obszarze, zasadnicza część pracy została poprzedzona charakterystyką rozkładu ciśnienia oraz jego regionalnym zróżnicowaniem w sektorze euroatlantyckim. Zagadnienia te zostały opisane w rozdziale 2. i 3. W trakcie badań uwzględniono nie tylko przestrzenny aspekt zróżnicowania ciśnienia, ale i jego zmienność roczną oraz wieloletnią. Zważywszy na zmiany cyrkulacji atmosferycznej, jakie zachodzą w ciągu roku, wszystkie charakterystyki ciśnienia oraz wskaźniki opisujące występowanie analizowanych układów barycznych były rozpatrywane w ujęciu sezonowym. Najważniejszym podziałem był ten na półrocze chłodne (od października do marca) oraz ciepłe (od kwietnia do września). W niektórych przypadkach stosowano także podział na standardowe pory roku (np. wiosna: marzec, kwiecień, maj itd.) oraz ujęcie miesięczne. W przypadku rocznej liczby układów wysokiego ciśnienia za rok przyjmowano okres od 1 lipca do 30 czerwca roku następnego. Decyzja ta podyktowana była rocznym rozkładem częstości występowania badanych układów barycznych, według którego roczne maksimum pojawiania się wyżów przypada na miesiące zimowe, w lecie natomiast występują one najrzadziej.

Otrzymane wyniki stały się podstawą do przyjęcia różnych kryteriów określenia pojęcia *silnych* i *bardzo silnych* antycyklonów. Zostały one zdefiniowane w rozdziale 4. zatytułowanym *Regiony występowania silnych antycyklonów w sektorze euroatlantyckim*. W tej części pracy zaproponowano, niespotykany dotychczas w literatu-

rze, podział na regiony antycyklonalne oraz przedstawiono roczną i wieloletnią zmienność występowania badanych układów barycznych w każdym z nich. Nazwy wyróżnionych regionów nawiązują do charakterystycznych ośrodków barycznych, jakie nad nimi występują, lub do geograficznego położenia danego obszaru.

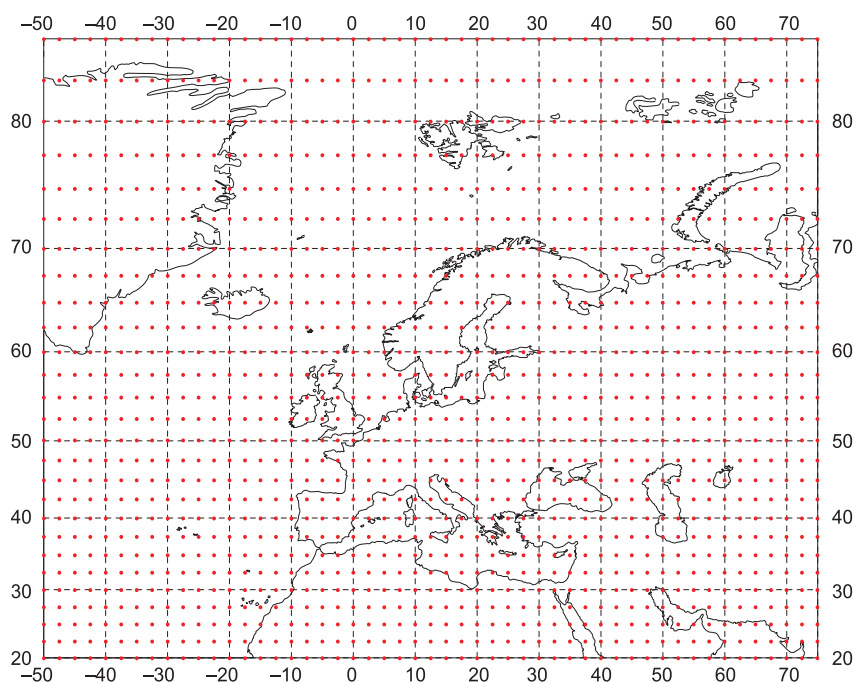
Już wstępna analiza występowania silnych układów wysokiego ciśnienia wykazała, że często ich pojawieniu towarzyszy specyficzny rozkład ciśnienia nad rozpatrywanym rejonem. Z tego powodu zdecydowano się zbadać rozkład ciśnienia w sektorze euroatlantyckim, jaki występował, podczas gdy w konkretnym regionie pojawiał się silny układ antycyklonalny — opisany w rozdziale 5. *Typy rozkładu pola ciśnienia podczas występowania silnych układów antycyklonalnych*. Ponieważ oddziaływanie układów barycznych na cyrkulację w danym regionie nie ogranicza się tylko do przyziemnej warstwy powietrza, w tej części pracy sprawdzono także pionowy zasięg wyróżnionych układów antycyklonalnych. W tym celu wykorzystano dane o wysokości powierzchni izobarycznej 500 hPa. Ze względu na rolę cyrkulacji atmosferycznej w kształtowaniu zmian klimatu oraz znaczenie silnych wyżów jako ekstremalnych zdarzeń klimatycznych ważnym elementem tego etapu badań było przedstawienie wieloletniej zmienności charakterystycznych typów pola ciśnienia.

Jak już wielokrotnie wspomniano, występowanie długotrwałych układów wysokiego ciśnienia bardzo często w znacznym stopniu determinuje warunki pogodowe danego obszaru i obszarów sąsiednich. Jednocześnie częstość ich występowania i położenie wywierają znaczący wpływ na klimat określonej części kuli ziemskiej. Te przesłanki stały się podstawą zbadania liczby oraz trwałości opisywanych układów (rozdział 6.). Do realizacji tego celu niezbędne stało się prześledzenie etapów rozwoju każdego z silnych wyżów, jakie wystąpiły w latach 1951—2010 nad rozpatrywanym obszarem. W ten sposób powstał swego rodzaju katalog silnych antycyklonów, w którym uwzględniono położenie i wartość ciśnienia w centrum układu w trakcie kolejnych dni ich występowania.

Uzupełnieniem charakterystyki silnych antycyklonów jest przedstawienie przestrzennego rozkładu występowania ich centrów (rozdział 7.). Pozwoliło to na wyznaczenie stref zwiększonej ich częstości i obszarów, w których najczęściej przebiegają ich trasy. Również w tym przypadku sprawdzono, czy rejony występowania silnych wyżów zmieniały się w wieloleciu, oraz w jaki sposób zmiany ich lokalizacji przebiegały w ujęciu sezonowym.

1.3. Materiał badawczy i metody badań

Podstawę przeprowadzonych badań stanowią średnie dobowe wartości ciśnienia atmosferycznego na poziomie morza, określone dla punktów gridowych w siatce o rozdzielczości przestrzennej $2,5^\circ \times 2,5^\circ$, z sektora euroatlantyckiego ograniczonego



Ryc. 1. Obszar badań z zaznaczoną siecią punktów węzłowych (gridów)

Fig. 1. Study area with the grid-points network

do obszaru 20°N — 85°N oraz 50°W — 75°E (1377 punktów; ryc. 1). Materiały te pochodzą z baz danych (zwanych NCEP/NCAR Reanalysis) udostępnionych przez NOAA/OAR/ESRL PSD, Boulder, Colorado w Stanach Zjednoczonych, i obejmują okres 1951—2010 (<http://www.cdc.noaa.gov/>). Baza danych gridowych, z której pochodzą wspomniane dane, obejmuje wartości wielu elementów meteorologicznych i została utworzona w wyniku realizacji „Reanalysis Project” przez dwa ośrodki badawcze: National Centers for Environmental Prediction (NCEP) i National Centre for Atmospheric Research (NCAR). Projekt ten rozpoczął się w 1994 r., a powstała baza danych obejmuje okres od 1948 r. i jest na bieżąco uzupełniana.

Dane znajdujące się we wspomnianej bazie obejmują całą kulę ziemską i są dostępne w rozdzielczości przestrzennej $2,5^{\circ} \times 2,5^{\circ}$ lub $1,875^{\circ} \times 1,915^{\circ}$, w pionie sięgając od poziomu morza do powierzchni izobarycznej 10 hPa (Kalnay i in. 1996). Omawiany zbiór powstał w wyniku asymilacji danych z różnych źródeł, m.in.: obserwacji z lądowych stacji meteorologicznych, ze stacji umieszczonych na statkach i bojach morskich, ze stacji aerologicznych oraz z danych satelitarnych i lotniczych. W zależności od stopnia wpływu danych obserwacyjnych i danych pochodzących z modeli na wartości uzyskanych danych gridowych zostały one zaklasyfikowane do jednej z 4 grup. Grupa A (np. temperatura czy wiatr w górnej troposferze) to dane w największym stopniu uwzględniające dane obserwacyjne i uznane za najbardziej wiarygodne. Dane z grupy B otrzymano, korzystając z danych obserwacyjnych

i danych z modeli, a ich przykładem jest wilgotność czy temperatura przy powierzchni Ziemi. Grupa C obejmuje dane, które zostały uzyskane głównie z modeli meteorologicznych (np. zachmurzenie czy opad). Natomiast ostatnią grupę D stanowią dane dotyczące takich zagadnień, jak: użytkowanie terenu, maski lądów i mórz, czy danych hipsometrycznych (Kalnay i in. 1996).

W trakcie opracowywania gridowej bazy danych, która jest na bieżąco uaktualniana, wszystkie dane wejściowe są sprawdzane w celu wykrycia błędów, jakie mogły powstać w trakcie obserwacji czy pomiarów oraz późniejszej ich transmisji i przetwarzania. Kontrola ta jest przeprowadzana na wielu etapach tworzenia bazy tak, aby zminimalizować ryzyko wprowadzenia błędnych wartości do systemu. Otrzymane dane wyjściowe również poddawane są wielokrotnej kontroli. W rezultacie większość otrzymanych danych właściwie reprezentuje warunki meteorologiczne danego obszaru i nie jest obciążona znaczącymi błędami, chociaż zapewne nie wszystkie udało się wyeliminować (Kalnay i in. 1996; Kistler i in. 2001). Największa wiarygodność dotyczy przede wszystkim danych z grupy A i B, w tym także tych dotyczących ciśnienia atmosferycznego.

Opisane cechy danych gridowych (zakres przestrzenny i czasowy, jakość danych) i ich dostępność powodują, że są one coraz częściej wykorzystywane w pracach klimatologicznych i meteorologicznych. Stanowią również cenne, a czasami jedyne, źródło danych dla obszarów ze słabo rozwiniętą siecią pomiarową. Dotyczy to nie tylko bazy NCEP/NCAR, ale również takich baz, jak CRU czy ERA-40. Wśród prac dotyczących przestrzennej i czasowej zmienności poszczególnych elementów meteorologicznych dominują te poświęcone zmianom ciśnienia na poziomie morza i cyrkulacji w wyższej troposferze (Ustrnul 1997; Wibig 2001; Miętus 2003; Grosfeld i in. 2006; Saha i in. 2006; Bromwich i in. 2007; Marosz 2009, 2010; Marosz i Ustrnul 2010; Hodges i in. 2011) oraz zmienności warunków termicznych (Miętus, Filipiak 2004; Brohan i in. 2006; Jones i Moberg 2003; Gámiz-Fortis i in. 2011; Ceppi i in. 2012) i opadowych (Zolina i in. 2004; Álvarez-García i in. 2012; Simpson i Jones 2012). Jednak jak pokazują badania nie zawsze dane gridowe wykazują zgodność z pomiarami wykonywanymi na stacjach (Brohan i in. 2006). Najmniejsze różnice stwierdzono, porównując wartości ciśnienia, temperatury oraz elementów charakteryzujących wyższe warstwy troposfery (wysokość powierzchni izobarycznych czy parametrów wiatru), (Trenberth i Paolino 1980; Trenberth i Olson 1988; Miętus 2003; Bąkowski i Wojciechowska 2006). Więcej problemów stwarza wykorzystanie danych, na które duży wpływ mają warunki lokalne (wysokość nad poziomem morza, ukształtowanie terenu, ekspozycja itp.), jak wiatr w dolnej troposferze czy wartości temperatury minimalnej i maksymalnej (Bąkowski i Wojciechowska 2006; Miętus 2009). Znaczne różnice między danymi pomiarowymi a danymi z reanaliz widoczne są również w przypadku elementów meteorologicznych nieciągłych w przestrzeni i wykazujących duże zróżnicowanie regionalne, czego przykładem mogą być opady atmosferyczne (Pilarski i in. 2010). Wielu badaczy, w tym K.E. Trenberth i D. Paolino (1980), D.E. Atkinson i S.M. Solomon (2003), G.J. Marshall (2002) oraz Z. Vizi i R. Przybylak (2006), wykazało także, że bez wprowadzenia odpowiednich poprawek nie jest możliwe wykorzystanie danych grido-

wych (dotyczących odpowiednio: ciśnienia i temperatury) obliczonych dla obszarów położonych zarówno w wyższych (powyżej 60°N; Jones 1987), jak i niższych (poniżej 20—25°) szerokościach geograficznych (Trenberth i in. 2001).

Jak już wcześniej wspomniano, dane zastosowane w niniejszych badaniach charakteryzują się największą wiarygodnością (należą do danych grupy A) i powszechnie uznawane są za homogeniczne. Należy jednak pamiętać, że materiał obserwacyjny wykorzystany do tworzenia bazy danych i obejmujący pierwsze dekady rozpatrywanego okresu badań znacznie różnił się od danych z lat późniejszych („klimatologia przedsatelitarna”; Kistler i in. 2001). Wynikało to z dostępności do archiwalnych, naziemnych serii obserwacyjnych, liczby stacji meteorologicznych, częstotliwości pomiarów czy też różnic technologicznych w pozyskiwaniu informacji o stanie atmosfery (np. pionowe sondowanie atmosfery, dostępność i rozdzielczość zdjęć satelitarnych itp.). Pewien problem może też stanowić redukcja wartości ciśnienia z zastosowaniem równań hydrostatycznych (Pauley 1998). Dotyczy to w szczególności wysoko położonych obszarów, charakteryzujących się zróżnicowaną rzeźbą i pokrytych lodem (np. obszary Mongolii, Grenlandii czy Antarktydy). Związane jest to ze sposobem redukcji ciśnienia wprowadzonym w 1956 r. oraz z gęstością powietrza wynikającą z wysokości nad poziomem morza i bardzo niską temperaturą panującą we wspomnianych regionach (van Loon i Williams 1976; Trenberth i Paolino 1980; Jones 1987; Trenberth i in. 2001; Gong i Ho 2002; Burt 2007). Z tego powodu wyniki badań dotyczące Grenlandii i obszarów przyległych oraz początkowego okresu obserwacji, do 1979 r., głównie zaś przed 1958 r. (Kistler i in. 2001), należy traktować z należytą ostrożnością.

Jak wcześniej nadmieniono, podstawą przeprowadzonych badań były średnie dobowe wartości ciśnienia na poziomie morza. Wybranie tego rodzaju danych związane było z charakterem powstawania oraz przebiegiem „życia” układów antycyklonalnych. Są one układami, które powstają dużo wolniej niż układy niskiego ciśnienia. Dużo wolniejsza jest także dynamika ich przemieszczania, a bardzo często są to układy o charakterze stacjonarnym (tzw. układy blokujące). W takich przypadkach przez wiele dni lub nawet tygodni swoim zasięgiem obejmują prawie ten sam obszar, a zmiany dotyczą głównie ich intensywności (wartości ciśnienia w centrum układu). Niewielkie zmiany zarówno wartości ciśnienia, jak i ich położenia są szczególnie dobrze widoczne, gdy prześledzimy występowanie najsilniejszych układów wyżowych. Zwykle ciśnienie w ich centrach znacznie przekracza 1040 hPa, a swoim zasięgiem potrafią objąć obszar porównywalny z obszarem Europy. Przykładem może być silny wyż (z ciśnieniem przekraczającym 1060 hPa), jaki znad Azji przesunął się nad Europę w połowie stycznia 1929 r. Przez kilka tygodni utrzymywał się on nad europejską częścią Rosji, obejmując swoim zasięgiem również kraje Europy Środkowej oraz Bałtyk i Skandynawię. Dopiero pod koniec lutego ponownie przemieścił się w kierunku Azji, a jego miejsce zajął kolejny silny wyż, jaki powstał nad Morzem Norweskim. Dominacja silnych układów wysokiego ciśnienia nad Europą trwała prawie do końca marca, a wynikiem ich oddziaływania były bardzo niskie temperatury, dzięki którym zima 1928/1929 zaliczana jest do jednych z najmroźniejszych zim XX w. (Piotrowicz 2006). Drugim powodem, dla którego do badań przyjęto średnie wartości dobowe,

było założenie, że w badaniach powinny być rozpatrywane jedynie wyże, które przynajmniej przez jedną dobę spełniały przyjęte kryteria. W ten sposób praktycznie wyeliminowane zostały przypadki, w których wartości ciśnienia w danym punkcie gridowym tylko przez kilka godzin były wyższe od założonych wartości progowych.

Oprócz średnich dobowych wartości ciśnienia na poziomie morza, w badaniach zastosowanie znalazły również:

- średnie dobowe wartości wysokości powierzchni izobarycznej 500 hPa pochodzące z reanaliz NCEP/NCAR (<http://www.cdc.noaa.gov/>);
- mapy pola ciśnienia na poziomie morza oraz mapy wysokości geopotencjału powierzchni izobarycznych 850 hPa i 500 hPa z godziny 00.00 i 12.00 UTC (<http://www.wetterzentrale.de>);
- dolne mapy synoptyczne z godziny 00.00 i 12.00 UTC, pochodzące zarówno ze źródeł internetowych (<http://www.wetter3.de>), jak i publikowane w postaci map (*Biuletyn synoptyczny PIHM* (potem IMGW), *Mapy synoptyczne* (IMGW), *Codzienny biuletyn meteorologiczny* (IMGW), *Europäischer Wetterbericht* oraz *Wetterskarte* publikowane przez Deutscher Wetterdienst (DWD)).

Badania, których wyniki prezentowane są w niniejszej pracy, realizowane były w kilku etapach opisanych w poprzednim rozdziale. W większości przypadków do charakterystyki przestrzennego zróżnicowania ciśnienia oraz jego zmian w czasie wykorzystano podstawowe statystyki opisowe, uwzględniające wartości średnie, ekstremalne oraz wybrane wartości progowe, a także, ze względu na specyfikę badań, wybrane wartości percentyli dla każdego punktu gridowego (przede wszystkim 90, 95 i 99 percentyl).

Ważnym elementem analizy było zdefiniowanie pojęcia silnego i bardzo silnego układu wysokiego ciśnienia, co zostało szczegółowo opisane w rozdziale 4., a następnie wydzielenie regionów występowania wspomnianych wyżów. W niniejszym opracowaniu, jak i w poprzednich pracach autorki (Bielec-Bąkowska 2010b i c; Bielec-Bąkowska i Piotrowicz 2011), zdecydowano się na wydzielenie właśnie dwóch rodzajów wyjątkowo silnych układów wyżowych. Decyzję tę podjęto z dwóch powodów: z uwagi na przestrzenne zróżnicowanie wartości ciśnienia w sektorze euroatlantyckim, a także z tego względu, że pozwoliło to zbadać występowanie nie tylko niewielkiej liczby najsilniejszych wyżów, często krótkotrwałych, ale także tych nieco tylko słabszych, jednak pojawiających się znacznie częściej.

W trakcie badań dokonano kilku regionalizacji, których efektem był podział sektora euroatlantyckiego na regiony odznaczające się podobnymi wartościami oraz cechami wieloletnich i rocznych zmian ciśnienia, a także wydzielenie regionów występowania silnych antycyklonów. W tym celu wykorzystano, jedną z najbardziej znanych niehierarchicznych metod grupowania, analizę skupień metodą *K*-średnich. Metoda ta zakłada, że wydzielone w wyniku jej zastosowania skupienia mają się charakteryzować jak największym podobieństwem obiektów wewnątrz skupienia i największymi różnicami (odległościami od środka skupień) między skupieniami, a liczba obiektów w skupieniach powinna być podobna (Marek 1989). Przyjęta metoda odznacza się pewną dozą subiektywności, gdyż wybór liczby wygenerowanych

skupień zależy od przeprowadzającego regionalizację. Zazwyczaj przyjmuje się, że jeżeli podczas kolejnego kroku powstają nowe skupienia, o mniejszej liczbie obiektów, a różnica między ich wartościami średnimi jest niewielka, to właściwszy jest podział poprzedzający. Jednak, szczególnie w badaniach geograficznych, uwzględnia się również przestrzenne zróżnicowanie obiektów zaliczanych do poszczególnych skupień oraz genetyczne uwarunkowania podziału (Bednorz i in. 2003). Opisywana metoda została także zastosowana do wydzielenia typów rozkładu pola ciśnienia towarzyszących występowaniu silnych i bardzo silnych wyżów. W tym przypadku połączono ją z analizą składowych głównych (PCA — *Principal Component Analysis*), co pozwoliło nie tylko wyznaczyć najbardziej typowe sytuacje synoptyczne, ale i wskazać te, które występują najczęściej.

Wielowątkowość przeprowadzonych badań spowodowała, że szczegółowy opis przyjętych założeń i zastosowanych metod zdecydowano się zamieścić w kolejnych rozdziałach niniejszej pracy. Należy przy tym wspomnieć, że jeżeli w opracowaniu nie podano inaczej, to prezentowane wartości lub charakterystyka występowania analizowanych układów barycznych dotyczą pola ciśnienia na poziomie morza. Jak już wielokrotnie wspomniano, podstawą przeprowadzonych badań były średnie dobowe wartości ciśnienia. Z tego powodu ilekroć mowa o wartościach najwyższych (P_{\max}), najniższych (P_{\min}), zakresie zmian ciśnienia (P_z) czy wartościach średnich ($P_{\text{śr}}$), zawsze dotyczą one uśrednionych wartości dobowych określonych dla poszczególnych punktów gridowych. Ponadto, jeżeli w tekście nie sprecyzowano inaczej, to określenie *silne wyże* oznacza wszystkie wyże o ciśnieniu równym lub wyższym od 1030 hPa (w tym wyże bardzo silne o ciśnieniu równym lub wyższym od 1035 hPa).

Ze względu na zakres opracowania zawarto w nim dużą ilość materiału graficznego. W celu ułatwienia porównywania tak zaprezentowanych wyników badań, na końcu pracy zamieszczono 5 załączników z wybranymi rycinami. Dotyczy to w szczególności ryc. 19, prezentującej wydzielone regiony antycyklonalne, stanowiącej załącznik 1.

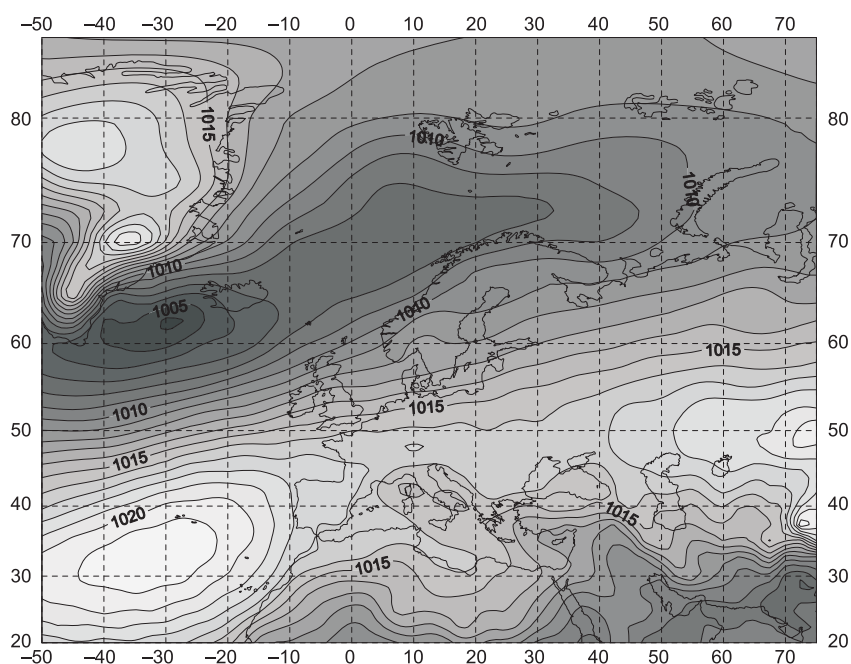
2. Charakterystyka rozkładu ciśnienia w sektorze euroatlantyckim w latach 1951—2010

W analizowanym wieloleciu (1951—2010) średnia dobową wartość ciśnienia występującego na rozpatrywanym obszarze wyniosła 1013,4 hPa (tabela 1). Jej najwyższe wartości wahały się od 1022,1 hPa w rejonie Pamiru (wpływ Wyżu Azjatyckiego) i około 1022 hPa w obszarze występowania centrum Wyżu Azorskiego do około 1019 hPa nad obszarem Grenlandii (ryc. 2). Najniższe średnie dobowe wartości ciśnienia (około 1003 hPa) występowały na południowy zachód od Islandii, reprezentując obszar centrum Nizu Islandzkiego. Stąd strefa najniższych wartości rozciąga się pasem wzdłuż Prądu Norweskiego aż do Spitsbergenu i Morza Barentsa, gdzie średnie dobowe ciśnienie wynosi około 1009 hPa. W analizowanej strefie odnotowano również najniższe średnie dobowe wartości ciśnienia (poniżej 940 hPa lub 945 hPa), chociaż obszary, w których wystąpiły, nie tworzyły już tak jednorodnego przestrzennie regionu (ryc. 3). Najniższe ciśnienie wystąpiło 15 grudnia 1986 r. w centrum Nizu Islandzkiego i osiągnęło wartość 933,7 hPa (ryc. 3). Na północny zachód oraz południowy wschód od opisywanej strefy wartości ciśnienia wzrastały i nad Europą osiągały od około 955 hPa wzdłuż wybrzeży północno-atlantycznych do około 990 hPa na południu kontynentu. Na pozostałym obszarze najniższe dobowe wartości ciśnienia przeważnie wahały się w granicach 980—990 hPa. Natomiast najwyższe dobowe wartości ciśnienia wynosiły około 1045 hPa. Wahały się one od 1020 hPa w południowo-wschodniej części rozpatrywanego obszaru do ponad 1060 hPa nad Rosją i 1074,2 hPa (10 stycznia 1956 r.) nad północną Grenlandią (ryc. 4).

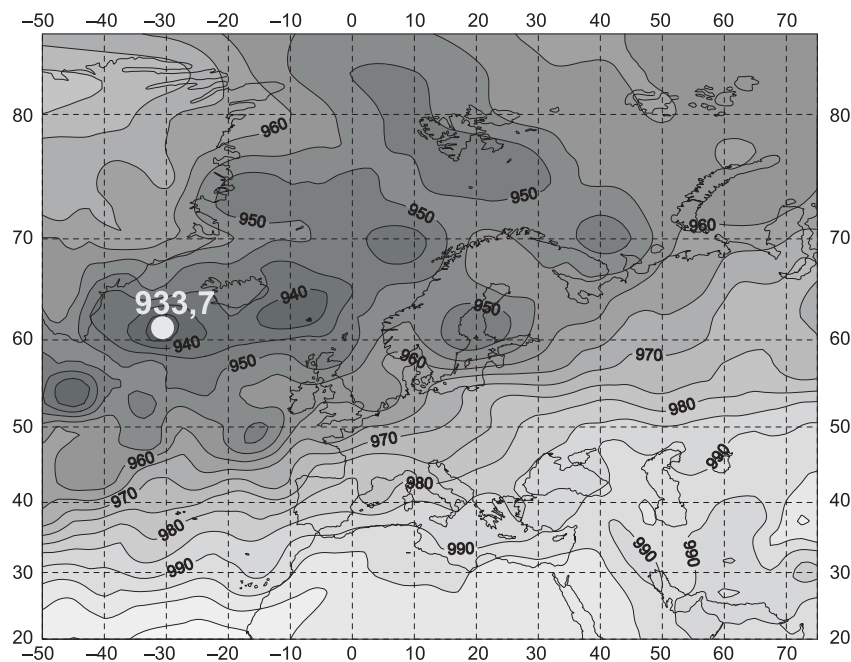
Średni rozkład ciśnienia w cieplej (IV—IX) i chłodnej (X—III) połowie roku nie różni się zbytnio od rozkładu średnich wartości rocznych (tabela 1, ryc. 5). Można jednak zauważyć, że zakres ich zmian (106,0 hPa) w porze cieplej jest mniejszy niż w porze chłodnej (140,5 hPa). Widoczne są także wyraźniejsze różnice w zasięgu opisywanych stref najniższych i najwyższych wartości ciśnienia. Ich rozkład przestrzenny w porze chłodnej jest bardzo podobny do rozkładu dla całego roku, nato-

Tabela 1. Wybrane charakterystyki statystyczne wartości ciśnienia w sektorze euroatlantyckim w latach 1951—2010
Table 1. Selected statistical characteristics of pressure values in the Euro-Atlantic sector in the period 1951—2010

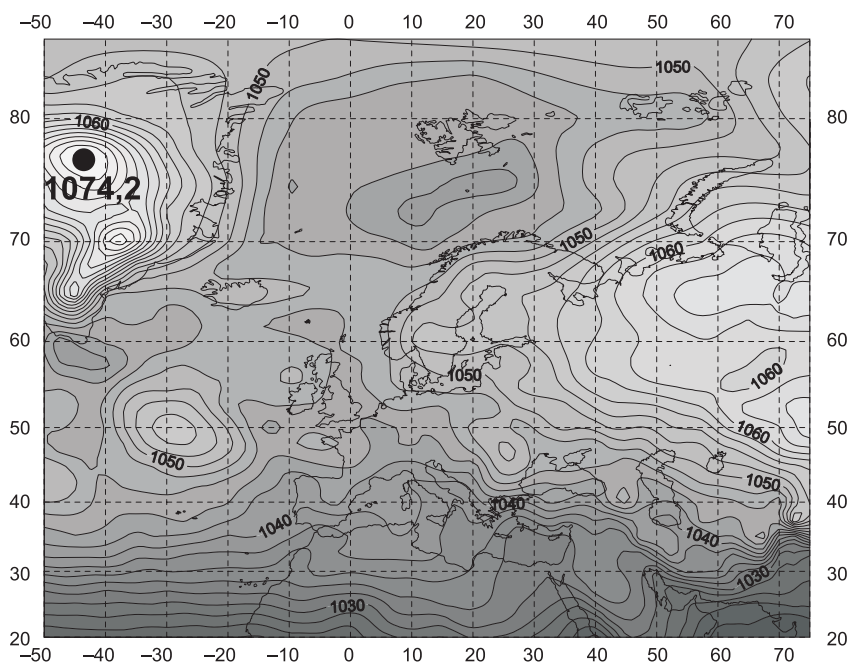
Wskaźnik / Index	Wartość / Value							Współczynnik zmienności / Variability coefficient [%]			
	Najwyższa / The highest	Średnia / Average	Najniższa / The lowest	Odchylenie standardowe / Standard deviation	Średnia + 3 odchylenia standardowe / Average + 3 standard deviations						
					90	95	99				
Rok / Year											
IV—IX											
P _{max}	1074,2	1022,1	1008,4	14,4	1059,4	1037,5	1052,6	1056,1	1062,9	1,4	
P _{śr.}	1045,5	1013,4	971,8	9,1	1040,8	1024,7	1027,8	1033,7	1035,7	0,9	
P _{min.}	1020,0	1003,8	933,7	2,0	1020,3	1013,9	1014,8	1016,5	1017,1	0,2	
P _z	54,2	18,3	74,7	12,4	39,1	23,7	28,1	36,2	39,0	44,7	1,2
X—III											
P _{max}	1061,1	1023,1	1010,8	10,7	1047,2	1029,6	1034,0	1034,0	1045,7	1052,4	1,1
P _{śr.}	1037,6	1012,9	981,5	6,8	1033,4	1021,4	1023,8	1023,8	1029,8	1033,1	0,7
P _{min.}	1012,3	999,9	955,1	1,7	1012,6	1006,1	1007,6	1007,6	1010,6	1011,5	0,2
P _z	48,8	23,2	55,7	9,0	34,6	23,4	26,5	26,5	35,1	40,9	0,9
X—III											
P _{max}	1074,2	1028,3	1008,4	16,1	1066,7	1042,5	1047,4	1056,0	1059,3	1064,6	1,6
P _{śr.}	1045,5	1013,9	972,7	10,0	1043,8	1026,4	1029,7	1035,4	1037,4	1040,9	1,0
P _{min.}	1020,0	999,1	933,7	2,2	1019,0	1014,8	1015,5	1017,1	1017,7	1018,7	0,2
P _z	54,2	29,2	74,7	14,0	47,7	27,7	31,9	38,9	41,7	45,9	1,4
P _{max} — najwyższa dobową wartość ciśnienia / the highest daily pressure values; P _{min.} — najniższa dobową wartość ciśnienia / the lowest daily pressure values; P _{śr.} — średnia dobową wartość ciśnienia / the average daily pressure values; P _z — zakres zmian / the range of changes.											



Ryc. 2. Średnie dobowe wartości ciśnienia na poziomie morza [hPa] w latach 1951—2010
Fig. 2. Average daily sea level pressure [hPa] in the period 1951—2010



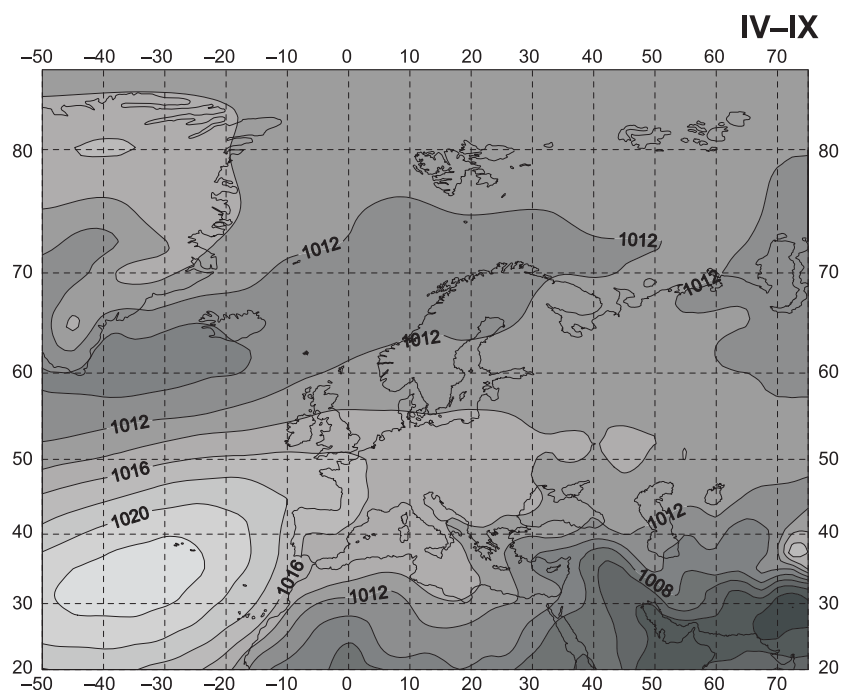
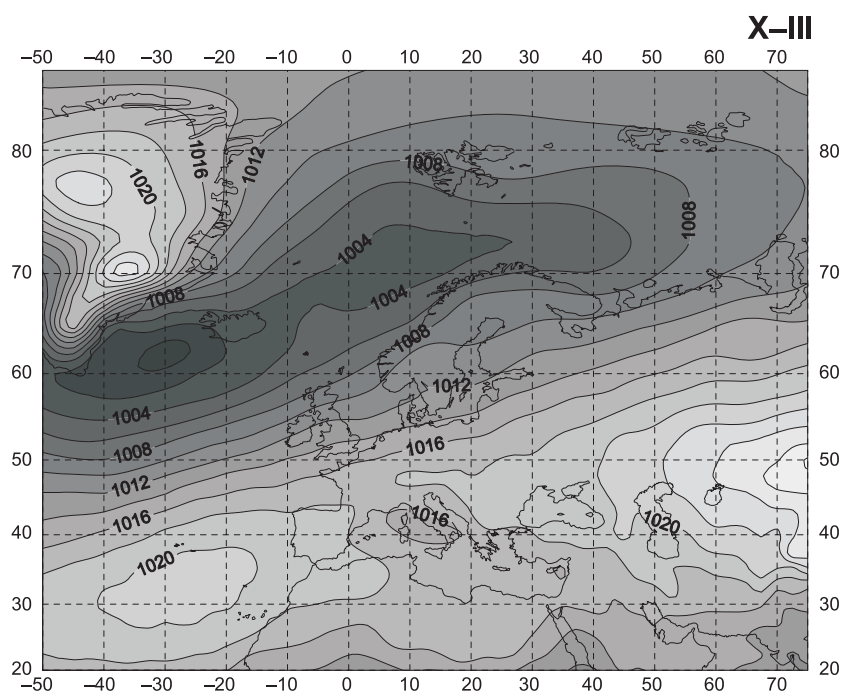
Ryc. 3. Najniższe średnie dobowe wartości ciśnienia na poziomie morza [hPa] w latach 1951—2010
Fig. 3. Lowest average daily sea level pressure [hPa] in the period 1951—2010



Ryc. 4. Najwyższe średnie dobowe wartości ciśnienia na poziomie morza [hPa] w latach 1951—2010
Fig. 4. Highest average daily sea level pressure [hPa] in the period 1951—2010

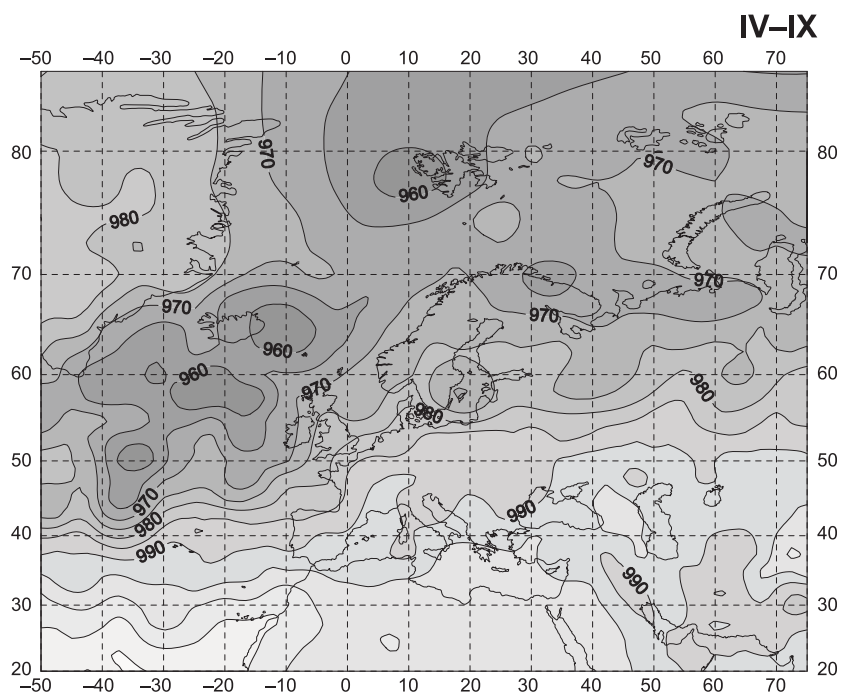
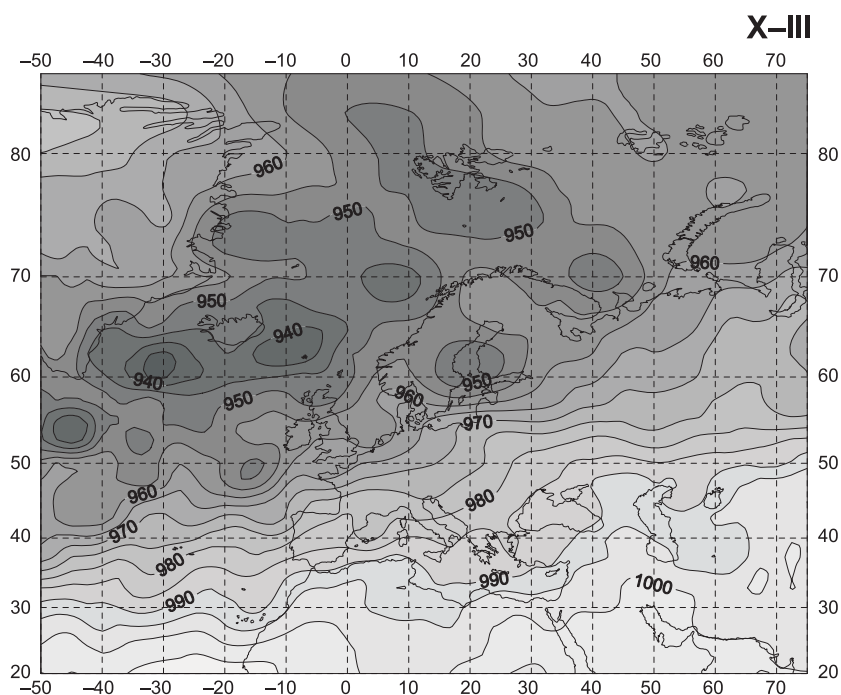
miast w sezonie ciepłym różnice są znacznie większe (ryc. 6 i 7). W przypadku wartości średnich w ciepłej połowie roku zauważa się zmniejszenie przestrzennego zróżnicowania ciśnienia na północ od 60°N i zanikanie wyraźnej północno-atlantycznej strefy obniżonego ciśnienia. Najniższe wartości ciśnienia w rozpatrywanym sezonie są o około 20—30 hPa wyższe, natomiast wartości najwyższe o około 10 hPa niższe niż w półroczu chłodnym. Można również zauważyć, że z wyjątkiem Grenlandii obszary występowania najwyższych maksymalnych wartości ciśnienia są przesunięte o około 10° na południe w porównaniu z ich położeniem w miesiącach chłodnej pory roku.

Opisywane różnice są, oczywiście, związane z rocznymi zmianami w dopływie energii słonecznej do poszczególnych obszarów na Ziemi oraz towarzyszącymi im zmianami ogólnej cyrkulacji atmosfery (m.in. zmiana położenia komórek cyrkulacyjnych w stosunku do równika). Towarzyszą temu zmiany częstości występowania niżów i wyżów nad poszczególnymi obszarami oraz przesunięcie ich obszarów źródłowych. W przypadku niżów, w zimie, najczęściej powstają i są one notowane między Islandią a południową Grenlandią, nad Morzem Tyrreńskim i zachodnią częścią Morza Śródziemnego. W lecie nad Skandynawią pojawia się dodatkowy obszar ich zwiększonej częstości, a w rejonie Morza Śródziemnego najczęściej notowane są nad Półwyspem Iberyjskim. W zimie obszarami źródłowymi, jak i największej częstości występowania wyżów są podzwrotnikowe rejony północnego Atlantyku (Wyż Azorski), Półwysep Iberyjski i Europa Środkowa. W lecie Wyż Azorski przesuwa się



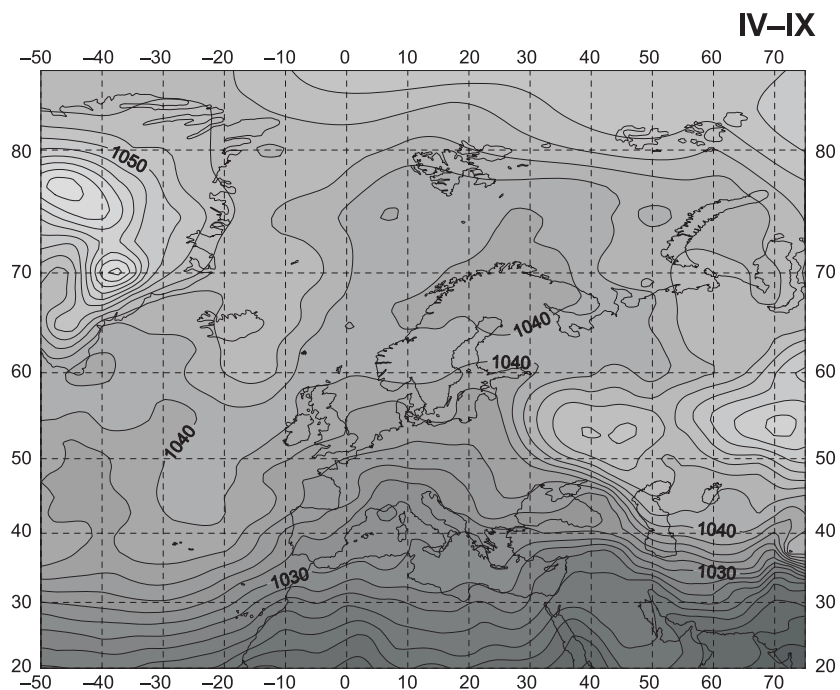
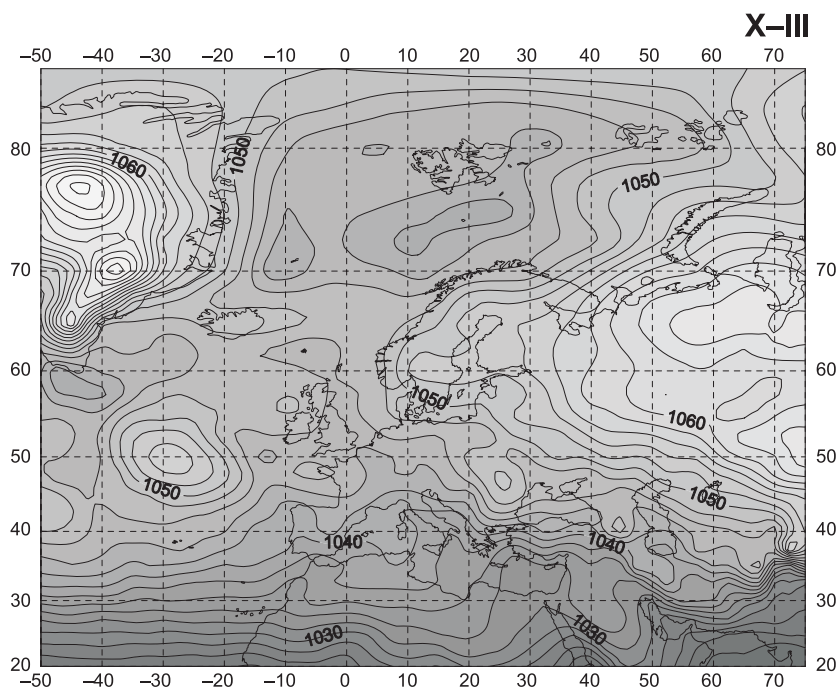
Ryc. 5. Średnie dobowe wartości ciśnienia na poziomie morza [hPa] w okresie X—III i IV—IX w latach 1951—2010

Fig. 5. Average daily sea level pressure [hPa] in Oct.—Mar. and Apr.—Sep. in the period 1951—2010



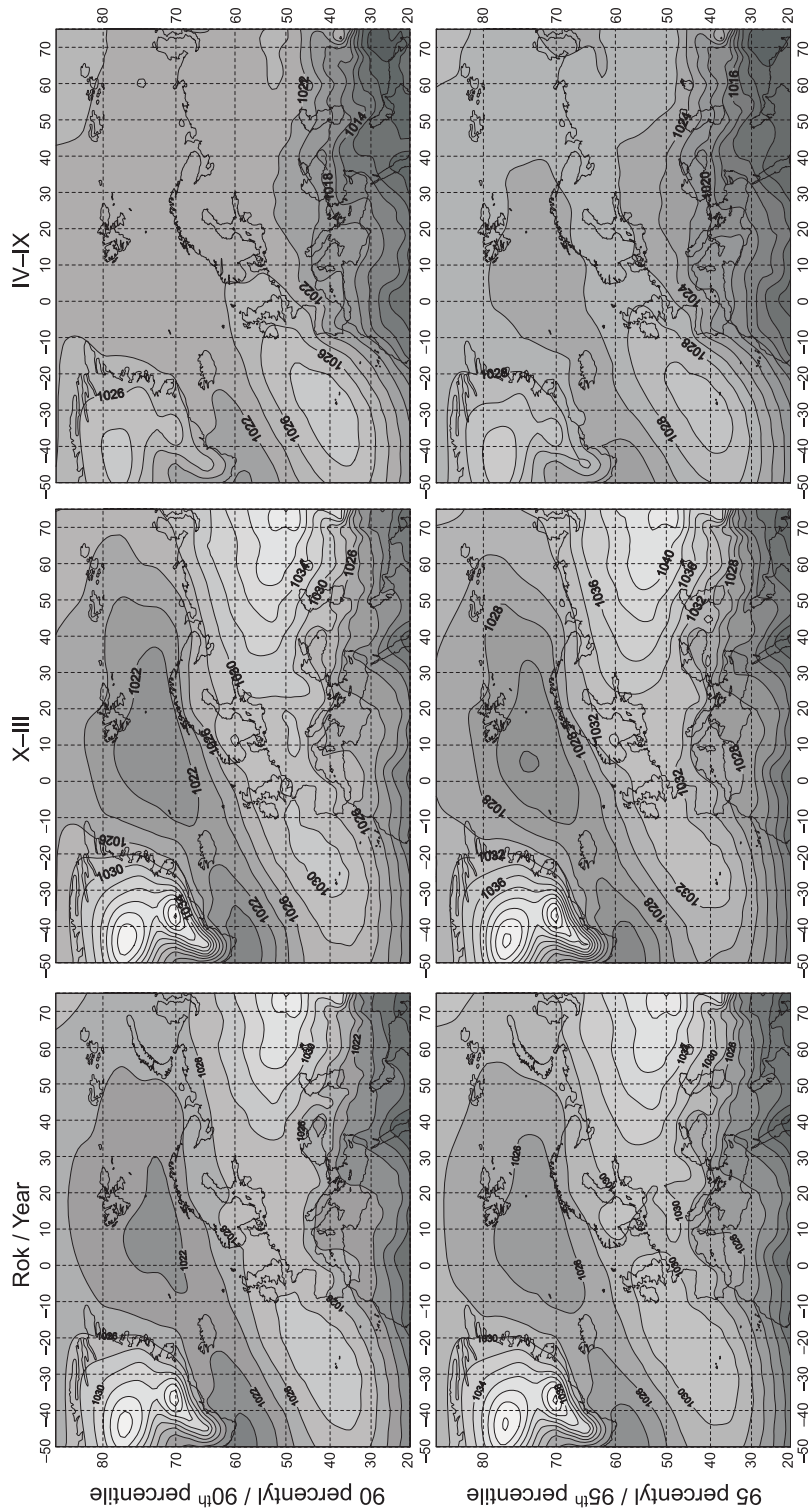
Ryc. 6. Najniższe średnie dobowe wartości ciśnienia na poziomie morza [hPa] w okresie X—III i IV—IX w latach 1951—2010

Fig. 6. Lowest daily sea level pressure [hPa] in Oct.—Mar. and Apr.—Sep. in the period 1951—2010



Ryc. 7. Najwyższe średnie dobowe wartości ciśnienia na poziomie morza [hPa] w okresie X—III i IV—IX w latach 1951—2010

Fig. 7. Highest average daily sea level pressure [hPa] in Oct.—Mar. and Apr.—Sep. in the period 1951—2010



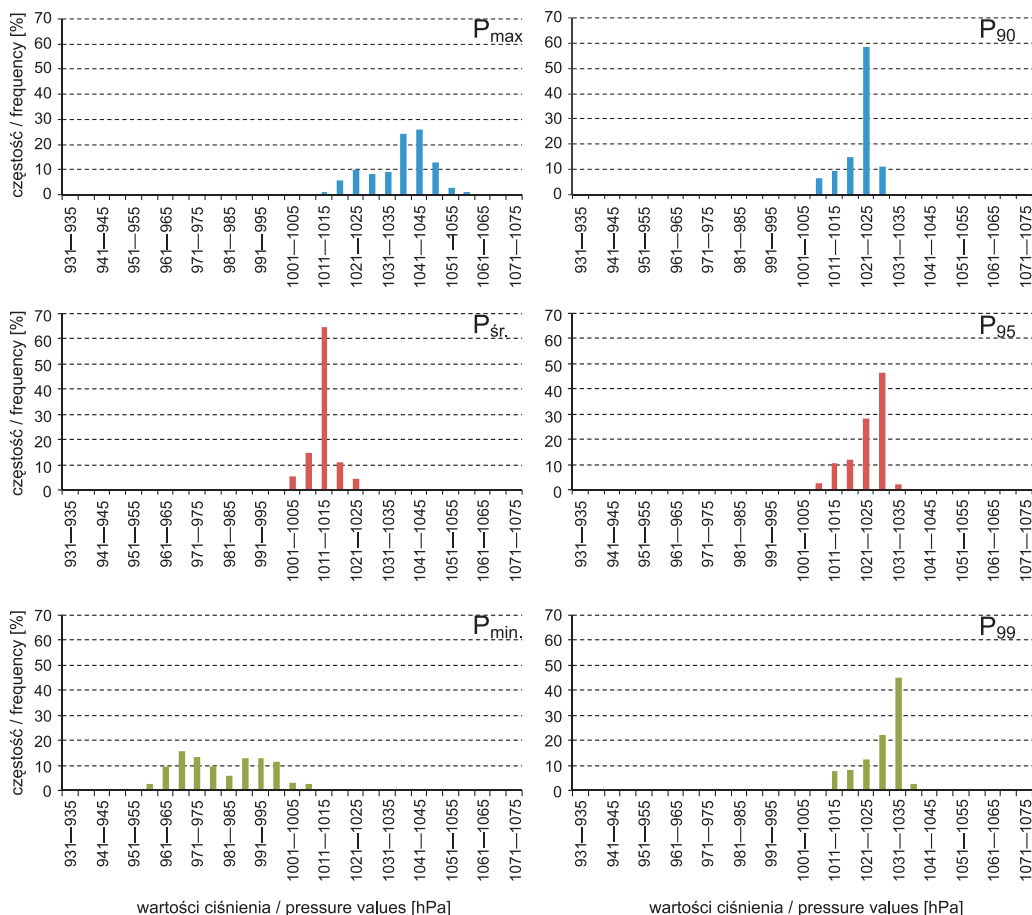
na północ, powodując wzrost częstości wyżów nad Europą, a maksimum ich występowania nad Morzem Śródziemnym notowane jest w rejonie Libii i Sycylii (Bhend 2005).

Oczywiście, opisane cechy pola ciśnienia nad rozpatrywanym obszarem zmieniają się w krótszych okresach, a szczególnie z dnia na dzień. Przeważają dobowe zmiany ciśnienia rzędu kilku hektopaskali. Obszarami, w których są one największe, są rejon występowania Niżu Islandzkiego oraz Grenlandia (odchylenie standardowe około 10–16 hPa, współczynnik zmienności około 0,9–1,6%), natomiast najmniejsze zmiany notowane są na południe od 30°N (odchylenie standardowe około 2–6 hPa, współczynnik zmienności około 0,2–0,4%).

Ciśnienie o wartościach zbliżonych do wspomnianych wcześniej najwyższych wartości dobowych jest notowane niezwykle rzadko. Z tego powodu postanowiono sprawdzić, w jakich przypadkach w poszczególnych rejonach rozpatrywanego obszaru można mówić o wyjątkowo wysokim ciśnieniu. W tym celu zbadano przestrzenne zróżnicowanie 90, 95 i 99 percentyla dobowych wartości ciśnienia w analizowanym wieloleciu (w dalszej części opracowania oznaczanych jako P_{90} , P_{95} , P_{99}). Przyjęcie takich wartości progowych wynikało z często stosowanej definicji zdarzeń ekstremalnych i stosunkowo niewielkiej różnicy między wartością średnią a wartościami 90 percentyla (tabela 1) (Bielec-Bąkowska 2010a, b i c; Bielec-Bąkowska i Piotrowicz 2011). Analiza została przeprowadzona osobno dla wszystkich wartości z wielolecia oraz dla półrocza chłodnego i ciepłego.

Przestrzenny rozkład omawianych wskaźników jest oczywiście bardzo podobny do rozkładu najwyższych wartości dobowych (ryc. 8). Niższe wartości charakteryzują ciepłą połowę roku i wahają się w zakresie: 1006,1–1029,6 hPa w przypadku 90 percentyla, 1007,6–1034,0 hPa w przypadku 95 percentyla i 1009,9–1043,1 hPa dla wartości 99 percentyla. W sezonie chłodnym wartości te są o około 7–9 hPa wyższe w rejonach, w których zwykle występuje ciśnienie najniższe, oraz o około 13 hPa w rejonach o ciśnieniu najwyższym i wynoszą odpowiednio: 1014,8–1042,5 hPa (P_{90}), 1015,5–1047,4 hPa (P_{95}) oraz 1017,1–1056,0 hPa (P_{99}). Również wartości roczne są niższe niż te notowane w sezonie chłodnym, jednak ich wielkość, w zależności od regionu, jest niższa „zaledwie” o około 1–5 hPa. Warto również zauważyć, że w cieplejszej połowie roku rozkład częstości występowania ciśnienia o określonych wartościach (w przedziałach co 5 hPa) jest prawoskośny i wykazuje wyraźną dominację jednego przedziału ciśnienia (1021,0–1025,9 hPa dla P_{90} , 1026,0–1030,9 hPa dla P_{95} i 1031,0–1035,9 hPa dla P_{99}), do którego należało około 45–59% wszystkich rozpatrywanych przypadków (ryc. 9). W półroczu chłodnym rozkład ten jest bardziej symetryczny, a około 60–74% wszystkich wartości skupionych jest w dwóch przedziałach o zakresie odpowiednio: 1021,0–1030,9 hPa dla P_{90} , 1026,0–1035,9 hPa dla P_{95} i 1031,0–1040,9 dla P_{99} wszystkich wartości ciśnienia (ryc. 10). Oznacza to, że w zależności od pory roku i regionu geograficznego prawie 10% najwyższych wartości ciśnienia (90–99 percentyl) wahało się w granicach 1006,1–1056,0 hPa.

Prawdopodobieństwo wystąpienia najwyższych wartości ciśnienia jest oczywiście największe w obszarach występowania stacjonarnych i sezonowych ośrodków



P_{\max} — najwyższa dobową wartość ciśnienia / the highest daily pressure value

P_{\min} — najniższa dobową wartość ciśnienia / the lowest daily pressure value

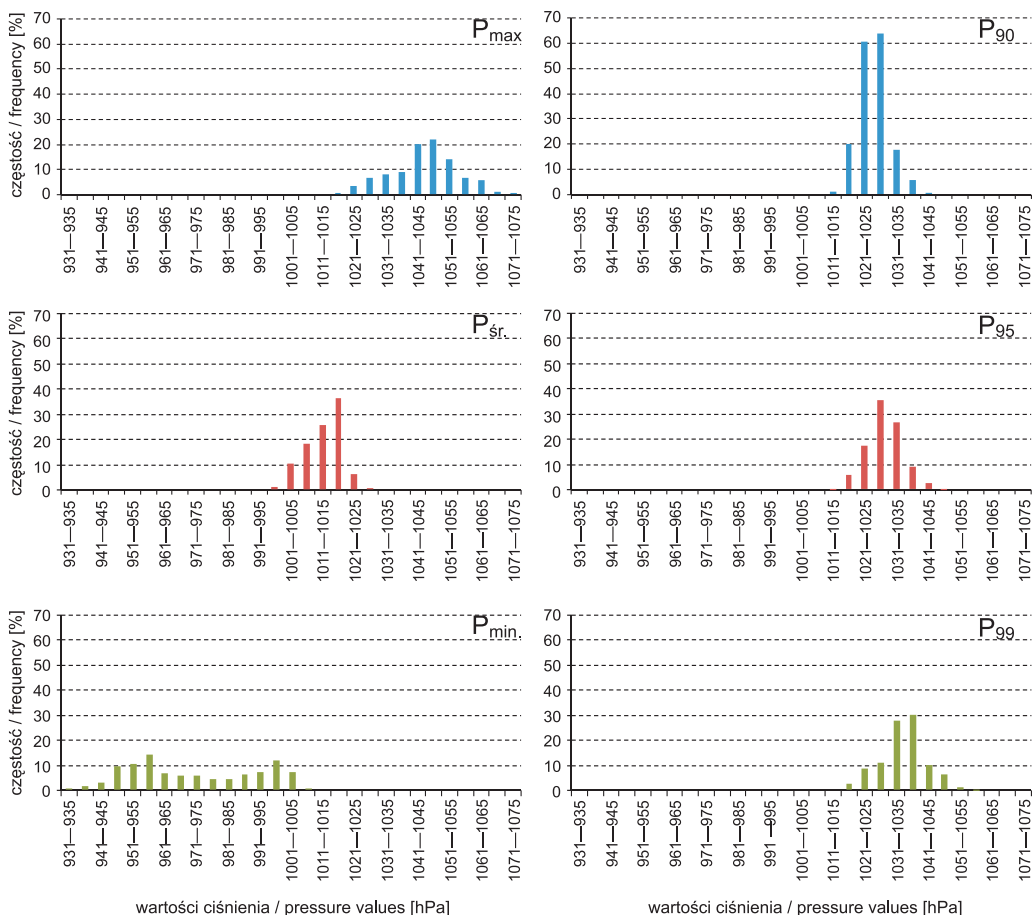
$P_{\text{śr}}$ — średnia dobową wartość ciśnienia / the average daily pressure value

P_{90} , P_{95} , P_{99} — wartość 90, 95 i 99 percentyla ciśnienia / value of 90th, 95th and 99th percentile of pressure

Ryc. 9. Częstość występowania poszczególnych klas dobowych wartości ciśnienia na poziomie morza w okresie IV–IX w latach 1951–2010 (uwzględniono dane ze wszystkich punktów gridowych)

Fig. 9. Frequency of occurrence of daily sea level pressure ranges in Apr.–Sep. in the period 1951–2010 (data from all grid point was taken into account)

wysokiego ciśnienia (ryc. 11 — średnie wartości roczne jako przykład). Jednak można zauważyć znaczne różnice w zależności od tego, czy mamy do czynienia z kontynentalnym wyżem znad Grenlandii lub Wyżem Azjatyckim czy też z atlantyckim Wyżem Azorskim (tabela 2). Biorąc pod uwagę występowanie określonych wartości ciśnienia (≥ 1020 hPa) w ciągu całego roku, zauważamy, że w obszarze występowania Wyżu Azorskiego przeważają układy baryczne o niższych wartościach ciśnienia. W rejonie tym największa częstość ciśnienia ≥ 1020 hPa wynosi prawie 70%, podczas gdy w obszarze znajdującym się pod wpływem Wyżu Azjaty-



P_{\max} — najwyższa dobowa wartość ciśnienia / the highest daily pressure value

$P_{\min.}$ — najniższa dobowa wartość ciśnienia / the lowest daily pressure value

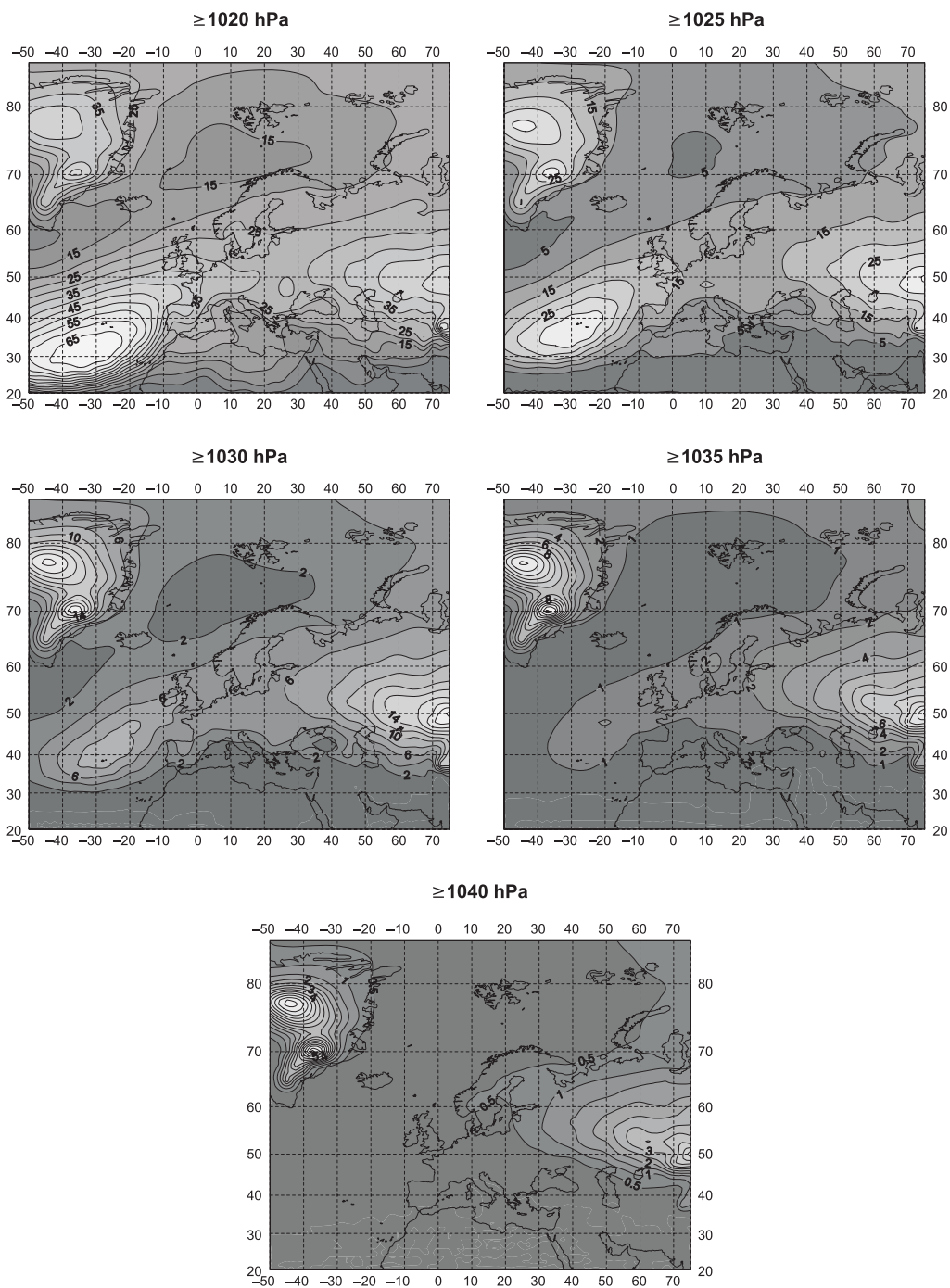
$P_{\text{śr.}}$ — średnia dobowa wartość ciśnienia / the average daily pressure value

P_{90} , P_{95} , P_{99} — wartość 90, 95 i 99 percentyla ciśnienia / value of 90th, 95th and 99th percentile of pressure

Ryc. 10. Częstość występowania poszczególnych klas dobowych wartości ciśnienia na poziomie morza w okresie X—III w latach 1951—2010 (uwzględniono dane ze wszystkich punktów grido-
wych)

Fig. 10. Frequency of occurrence of daily sea level pressure ranges in Oct.—Mar. in the period 1951—2010 (data from all grid point was taken into account)

kiego 50,5%, a na Grenlandii jedynie 46,5%. Jednak już w przypadku ciśnienia ≥ 1025 hPa największa częstość jego występowania jest porównywalna w obszarach oddziaływania wszystkich wymienionych wyżów (stanowiąc 32,9—36,0% wszystkich przypadków). Natomiast ciśnienie ≥ 1030 hPa, ≥ 1035 hPa i ≥ 1040 hPa znacznie częściej (od około 2 do ponad 10 razy częściej) notowane jest w obszarach występowania wyżów kontynentalnych. W Wyżu Azorskim najwyższe ciśnienie stanowi zaledwie 2,1% (≥ 1035 hPa) i mniej niż 0,5% (≥ 1040 hPa) wszystkich przypadków, podczas gdy w rejonie oddziaływania Wyżu Azjatyckiego i Wyżu



Ryc. 11. Prawdopodobieństwo [%] wystąpienia określonych wartości ciśnienia na poziomie morza w latach 1951—2010

Fig. 11. Probability [%] of occurrence of particular sea level pressure values in the period 1951—2010

Grenlandzkiego wartości te wynoszą odpowiednio: 12,3% i 5,4% oraz 13,4% i 7,3% (tabela 2). Tak niewielka liczba dni z najwyższymi wartościami ciśnienia znajduje swoje odzwierciedlenie także w „zanikaniu” Wyżu Azorskiego na mapach częstości występowania rozpatrywanych wartości ciśnienia iłączeniu się tego regionu z obszarami charakteryzującymi się znacznie niższym ciśnieniem. Zróźnicowanie częstości występowania poszczególnych wartości ciśnienia jest wynikiem zmiany położenia i siły wszystkich trzech opisywanych wyżów w ciągu roku. Jak wiadomo, w chłodnej połowie roku bardzo wyraźnie zaznacza się dominacja wysokich wartości ciśnienia (często przekraczających 1040 hPa) w obszarach występowania wyżów kontynentalnych. Wraz z nadejściem cieplej pory roku liczba układów antycyklonalnych w tych regionach maleje, a wartości ciśnienia są o wiele niższe. W szczególności dotyczy to obszaru występowania Wyżu Azjatyckiego, który w lecie zanika, a jego miejsce zajmuje rozległy niż nad Azją. W przypadku obszaru występowania Wyżu Azorskiego wartości ciśnienia są znacznie niższe (rzadko przekraczają 1030 hPa), a ich zmiany roczne dużo mniejsze niż w rejonach wyżów kontynentalnych. Ponadto ośrodek ten w porze letniej znacznie się rozbudowuje, umacnia oraz przesuwa na północ i północny wschód, a frekwencja antycyklonalnych typów cyrkulacji od czerwca do sierpnia osiąga 50—80% miesięcznie (Martyn 1987).

Tabela 2. Największa częstość występowania określonych wartości ciśnienia w wybranych rejonach sektora euroatlantyckiego w latach 1951—2010

Table 2. Highest frequency of occurrence of certain pressure values in selected areas of the Euro-Atlantic sector in the period 1951—2010

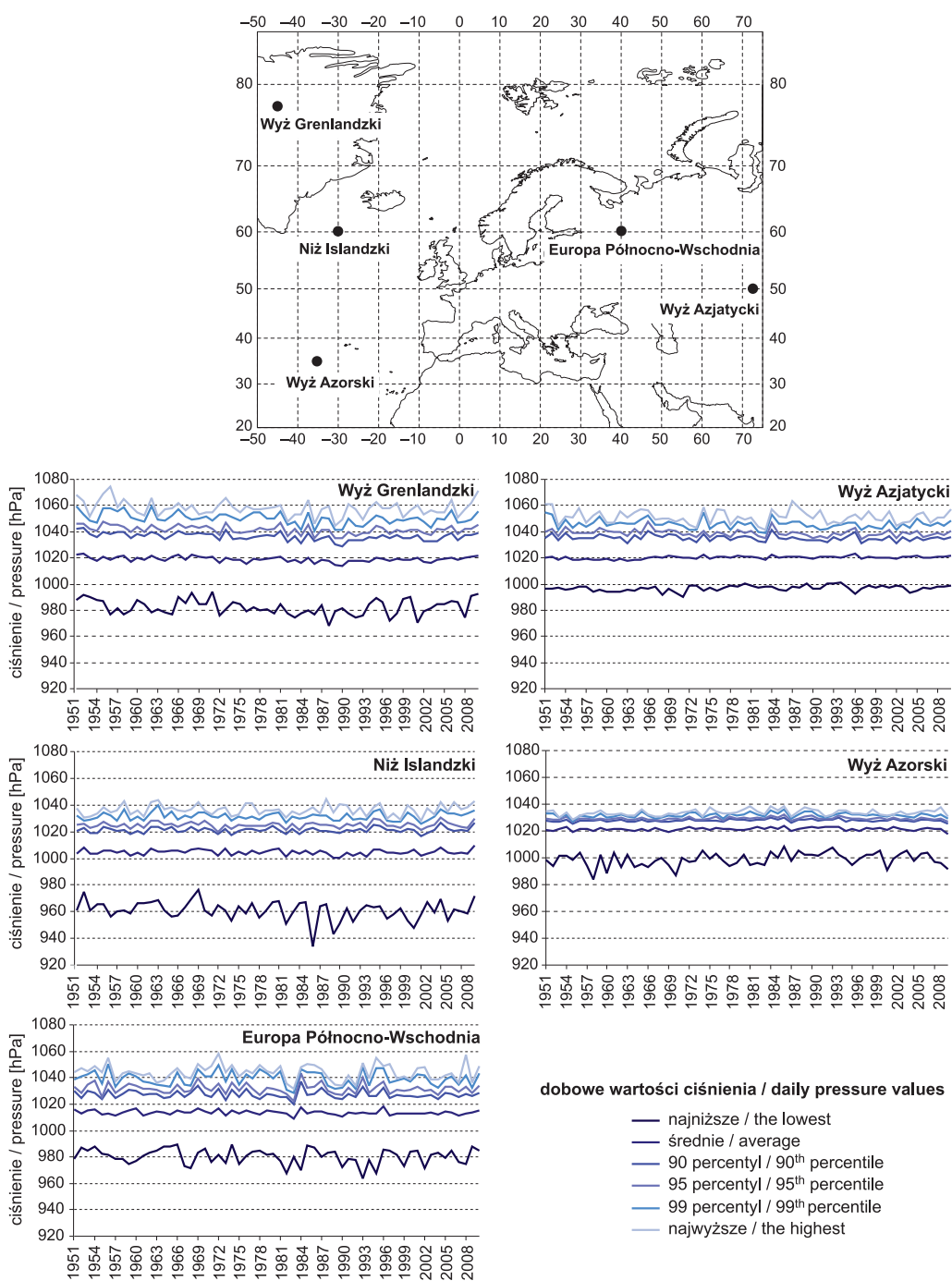
Wartość ciśnienia / Pressure values [hPa]	Częstość występowania określonych wartości ciśnienia / Frequency of particular pressure values [%]		
	Grenlandia	Wyż Azorski	Wyż Azjatycki
Rok			
≥1020	46,5	69,9	50,5
≥1025	32,9	34,6	36,0
≥1030	22,0	9,6	22,9
≥1035	13,4	2,1	12,3
≥1040	7,3	<0,5	5,4
X—III			
≥1020	65,4	60,9	81,2
≥1025	51,3	32,6	63,1
≥1030	37,2	12,1	42,7
≥1035	24,1	3,6	23,8
≥1040	13,7	<1,0	10,7
XII—II			
≥1020	64,3	66,5	87,3
≥1025	51,0	38,9	70,7
≥1030	37,2	15,4	47,7
≥1035	24,9	4,7	26,1
≥1040	14,7	<1,0	15,2

W przypadku wyżów kontynentalnych roczna częstość występowania ciśnienia w poszczególnych przedziałach wartości jest podobna, chociaż wartości najwyższe (≥ 1035 hPa i 1040 hPa) częściej notowane są na Grenlandii (tabela 2). Ostatnia zależność widoczna jest także w sezonie chłodnym. Jednocześnie o tej porze roku w rejonie oddziaływania Wyżu Azjatyckiego znacznie częściej niż na Grenlandii notowane jest ciśnienie z przedziałów ≥ 1020 hPa, ≥ 1025 hPa i ≥ 1030 hPa, stanowiąc odpowiednio do: 81,2%, 63,1% oraz 42,7% wszystkich przypadków od października do marca. W zimie (XII—II) w obszarze wpływów Wyżu Azjatyckiego bardzo rzadko występuje ciśnienie niższe niż 1020 hPa. W jednym z punktów gridowych dni z takim ciśnieniem stanowiły jedynie 12,7% wszystkich przypadków, natomiast dni z ciśnieniem ≥ 1030 hPa — 47,7%, a z ciśnieniem ≥ 1040 hPa — nawet 15,2%.

Na pozostałym obszarze liczba dni z analizowanymi wartościami ciśnienia szybko malała, wraz z oddalaniem się od ośrodków podwyższonego ciśnienia. Niezależnie od rozpatrywanego sezonu, w regionach charakteryzujących się ogólnie niskimi wartościami ciśnienia (strefa niżów atlantyckich oraz najbardziej południowa część sektora euroatlantyckiego) częstość występowania ciśnienia ≥ 1040 hPa wahała się około 0,5—1,0%, natomiast w przypadku ciśnienia ≥ 1020 hPa mieściła się w przedziale około 5—15%.

Opisywany rozkład ciśnienia zmieniał się w ciągu badanego okresu. Przykładem takich zmian są wieloletnie wahania wartości wybranych charakterystyk ciśnienia w kilku punktach gridowych reprezentujących najbardziej charakterystyczne rejony rozpatrywanego obszaru. Są to gridy: 45°00'W, 77°30'N (reprezentujący Wyż Grenlandzki), 30°00'W, 60°00'N (reprezentujący Niż Islandzki), 40°00'E, 60°00'N (reprezentujący północno-wschodnie rejony Europy), 35°00'W, 35°00'N (reprezentujący Wyż Azorski) oraz 72°30'E, 50°00'N (reprezentujący zachodnie peryferie Wyżu Azjatyckiego), (ryc. 12). W analizie uwzględniono roczne wartości minimalne, średnie, maksymalne oraz dodatkowo: 90, 95 i 99 percentyla.

Na podstawie uzyskanych wyników można zauważyć, że w niektórych obszarach widoczny jest ogólny spadek lub wzrost wartości ciśnienia, znajdujący swoje odzwierciedlenie w zmianach wszystkich wymienionych charakterystyk (ryc. 12). Dotyczy to m.in.: ciśnienia nad Grenlandią, w obszarze reprezentującym północno-wschodnią Europę (spadek) czy w rejonie występowania Wyżu Azorskiego (wzrost). Natomiast w rejonie Islandii zmiany średnich i najniższych rocznych wartości ciśnienia wykazują tendencję malejącą, podczas gdy wartości pozostałych charakterystyk wzrastają. Odwrotna sytuacja ma miejsce w przypadku ciśnienia w punkcie reprezentującym zachodnie peryferie Wyżu Azjatyckiego. Opisane tendencje są w większości nieistotne statystycznie. Za istotne (na poziomie $p < 0,05$) należy uznać zmiany ciśnienia nad Grenlandią (poza wartościami najniższymi i najwyższymi), w punkcie reprezentującym Wyż Azjatycki (poza wartościami najwyższymi) oraz wzrost najniższych rocznych wartości w Wyżu Azorskim (tabela 3). Na Grenlandii widoczny jest ogólny spadek ciśnienia, a największe zmiany dotyczą przede wszystkim wartości wysokich ($\geq P_{90}$). W przypadku ciśnienia równego lub wyższego od 99 percentyla wyniósł on 1 hPa / 10 lat. Oznacza to, że w ciągu analizowanego wielolecia (1951—2010) wartości ciśnienia zaliczane do najwyższych zmalały o około



Ryc. 12. Wieloletnie zmiany ciśnienia na poziomie morza [hPa] w wybranych punktach gridowych w latach 1951–2010

Fig. 12. Long-term variability of sea level pressure [hPa] at selected grid points in the period 1951–2010

Tabela 3. Wybrane charakterystyki statystyczne zmian dobowych wartości ciśnienia w wybranych punktach gridowych w latach 1951—2010

Table 3. Selected statistical characteristics of the daily pressure value change at selected grid points in the period 1951—2010

Punkt gridowy / Grid point	Wartości ciśnienia / Pressure values	Charakterystyki statystyczne / Statistical characteristics				
		najwyższa / the highest [hPa]	najniższa / the lowest [hPa]	amplituda / amplitude [hPa]	wartość tendencji [hPa / 10 lat] / tendency value [hPa / 10 years]	współczynnik zmienności / variability coefficient [%]
45°00'W, 77°30'N (Wyż Grenlandzki)	P _{min.}	994,0	968,4	25,6	-0,43	0,60
	P _{śr.}	1023,1	1014,0	9,1	-0,35	0,20
	P ₉₀	1042,9	1028,9	14,1	-0,78	0,29
	P ₉₅	1047,9	1035,0	13,0	-0,68	0,31
	P ₉₉	1059,6	1040,9	18,7	-1,00	0,43
	P _{max}	1074,2	1044,5	29,7	-0,71	0,55
30°00'W, 60°00'N (Niż Islandzki)	P _{min.}	976,6	933,9	42,7	-0,89	0,75
	P _{śr.}	1010,0	1000,6	9,4	-0,09	0,20
	P ₉₀	1026,6	1016,9	9,7	0,17	0,20
	P ₉₅	1030,6	1019,8	10,8	0,09	0,22
	P ₉₉	1040,0	1026,3	13,7	0,05	0,28
	P _{max}	1044,8	1028,2	16,6	0,18	0,39
40°00'E, 60°00'N (Europa Północno-Wschodnia)	P _{min.}	989,4	963,8	25,6	-0,51	0,61
	P _{śr.}	1018,6	1008,8	9,7	-0,16	0,17
	P ₉₀	1036,9	1020,3	16,7	-0,22	0,29
	P ₉₅	1043,0	1022,5	20,4	-0,19	0,37
	P ₉₉	1050,6	1028,8	21,8	-0,31	0,51
	P _{max}	1058,2	1031,9	26,3	-0,29	0,57
72°30'E, 50°00'N (Wyż Azjatycki)	P _{min.}	1000,8	990,3	10,6	0,38	0,22
	P _{śr.}	1022,9	1017,7	5,2	0,30	0,11
	P ₉₀	1041,7	1030,8	11,0	-0,33	0,22
	P ₉₅	1047,8	1034,4	13,4	-0,42	0,26
	P ₉₉	1054,8	1039,2	15,6	-0,50	0,34
	P _{max}	1063,7	1041,6	22,2	-0,36	0,47
35°00'W, 35°00'N (Wyż Azorski)	P _{min.}	1008,7	983,6	25,1	0,77	0,52
	P _{śr.}	1023,8	1017,9	6,0	0,07	0,11
	P ₉₀	1030,0	1025,6	4,4	0,07	0,09
	P ₉₅	1032,0	1026,6	5,5	0,09	0,11
	P ₉₉	1036,1	1027,2	8,9	0,13	0,17
	P _{max}	1038,5	1028,4	10,1	0,28	0,22

0,26 — wartość istotna statystycznie na poziomie $p < 0,05$ / value statistically significant at the level $p < 0,05$; P_{max} — najwyższa dobową wartość ciśnienia / the highest daily pressure value; P_{śr.} — średnia dobową wartość ciśnienia / the average daily pressure value; P_{min.} — najniższa dobową wartość ciśnienia / the lowest daily pressure value; P₉₀, P₉₅, P₉₉ — wartość 90, 95 i 99 percentyla ciśnienia / value of 90th, 95th and 99th percentile of pressure.

6 hPa. Podobna wielkość zmian ciśnienia widoczna jest również w rejonie oddziaływania Wyżu Azorskiego, chociaż dotyczy ona jedynie wzrostu najniższych wartości ciśnienia. W rozpatrywanym okresie wyniósł on 0,77 hPa / 10 lat, co (wraz z dodatnią, choć nieistotną statystycznie tendencją zmian pozostałych charakterystyk) wskazuje na wzrost wartości ciśnienia w tym obszarze.

Nieco inne zmiany zauważalne są w przypadku Wyżu Azjatyckiego. W obszarze tym najniższe i średnie roczne wartości ciśnienia wzrastają o 0,30—0,38 hPa / 10 lat, natomiast ciśnienie wyższe lub równe 90 percentylowi wszystkich wartości maleje o 0,33—0,50 hPa / 10 lat. Oznacza to, że zakres zmienności ciśnienia w ciągu roku jest coraz mniejszy. Warto również zwrócić uwagę na duży zakres zmian najwyższych i najniższych dobowych wartości ciśnienia, który zwykle wynosił około 25 hPa, a w rejonie Islandii osiągnął nawet 42,7 hPa. Pod tym względem wyróżniają się także obszary Wyżu Azjatyckiego i Azorskiego. W pierwszym z nich zakres zmian wartości najniższych, a w rejonie Wyżu Azorskiego najwyższych był dużo niższy i wynosił około 10 hPa.

Przedstawione wyniki dotyczą tylko pięciu punktów gridowych i nie można ich automatycznie uogólniać na większe obszary. Jednak potwierdzają one wieloletnie zmiany ciśnienia, jakie zachodziły w rozpatrywanym rejonie w miesiącach zimowych w okresie 1851—2003. Okazało się bowiem, że wartości ciśnienia na poziomie morza wykazują tendencję rosnącą (do około 3 hPa / 153 lata) w podzwrotnikowych obszarach północnego Atlantyku oraz malejącą (do około 2,5 hPa / 153 lata) ponad Europą Północno-Wschodnią (Bhend 2005). Opisane tendencje znajdują swoje potwierdzenie również w badaniach Ch.D. Schönwiesego i J. Rappa (1997), którzy wyznaczyli trendy zmian kilku elementów meteorologicznych, w tym i ciśnienia, w Europie w latach 1891—1990. Uzyskane przez wspomnianych autorów wyniki wskazują na spadek ciśnienia w obszarach położonych na północ od około 55°N i wzrost na południe od tej szerokości geograficznej. Rozpatrując całe badane stulecie, opisywane zmiany były niewielkie i można uznać, że w żadnym rejonie Europy nie występują wyraźne tendencje zmian ciśnienia. Jednak w latach 1961—1990 spadek ciśnienia na północy sięgał 2 hPa, podczas gdy na południu w ciągu 30 lat wzrosło ono o nawet 1,5 hPa. Należy jednak podkreślić, że w poszczególnych miesiącach i porach roku strefy wzrostu oraz spadku ciśnienia układały się bardzo różnie i rzadko w pełni oddawały tendencje ciśnienia obliczone dla wartości rocznych.

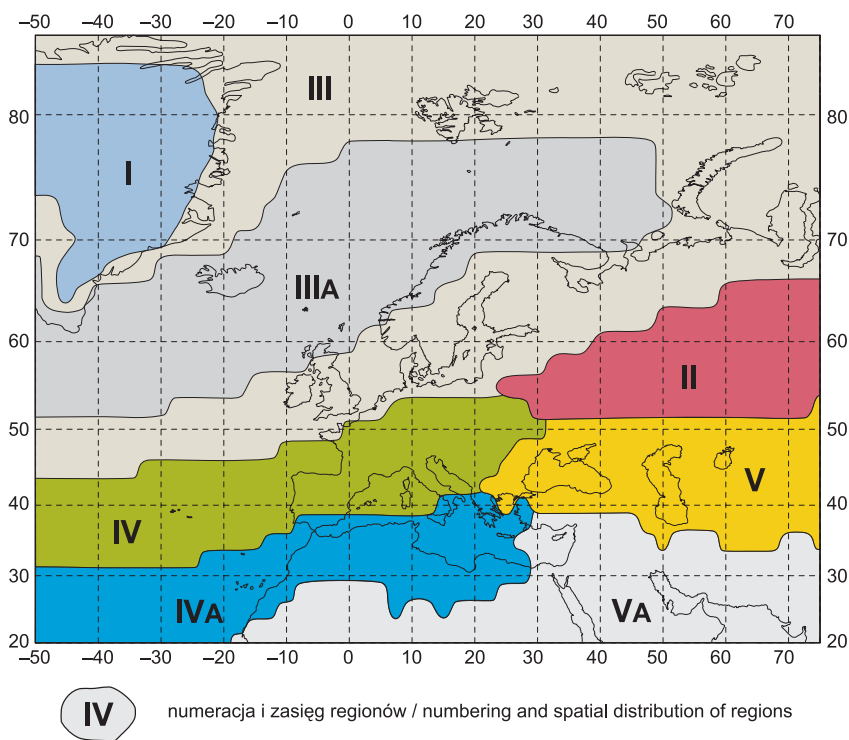
3. Regionalne zróżnicowanie rocznego przebiegu ciśnienia w sektorze euroatlantyckim w latach 1951—2010

W poprzednim rozdziale opisano przestrzenny rozkład wybranych wartości ciśnienia w sektorze euroatlantyckim oraz przykłady ich zmian w wieloleciu. Jednak największe znaczenie dla procesów kształtujących klimat danego obszaru ma roczny przebieg ciśnienia. Z tego względu postanowiono sprawdzić, w jaki sposób zmienia się ciśnienie w ciągu roku w poszczególnych rejonach badanego obszaru i czy można wydzielić regiony charakteryzujące się wyraźnie odmiennym rocznym przebiegiem wartości tego elementu meteorologicznego.

W tym celu dla każdego punktu gridowego obliczono miesięczne wartości następujących charakterystyk ciśnienia:

- wartości minimalne i maksymalne,
- wartości średnie,
- wartości 1, 25, 50, 75, 99 oraz, ze względu na tematykę opracowania, 90 i 95 percentyla.

Korzystając z analizy skupień metodą *K*-średnich, przeprowadzono kilka wstępnych podziałów na 2—7 skupień. W przypadku większej liczby wydzielanych grup zaliczane do nich punkty gridowe przestawały tworzyć zwarte obszary. W rezultacie postanowiono przyjąć podział na 7 skupień. Następnie analizie poddano roczny przebieg rozpatrywanych wartości ciśnienia oraz uwzględniono geograficzne położenie wyróżnionych skupień, świadczące o różnej genezie zmian ciśnienia zachodzących w poszczególnych obszarach. Ostatecznie w całym sektorze euroatlantyckim wyróżniono 5 regionów, a w nich 3 podregiony, odznaczające się odmiennym przebiegiem ciśnienia w ciągu roku (ryc. 13). Wydzielone podregiony charakteryzowały się podobnymi zmianami ciśnienia w ciągu roku, a od właściwych regionów odróżniały je nieco niższe wartości ciśnienia.

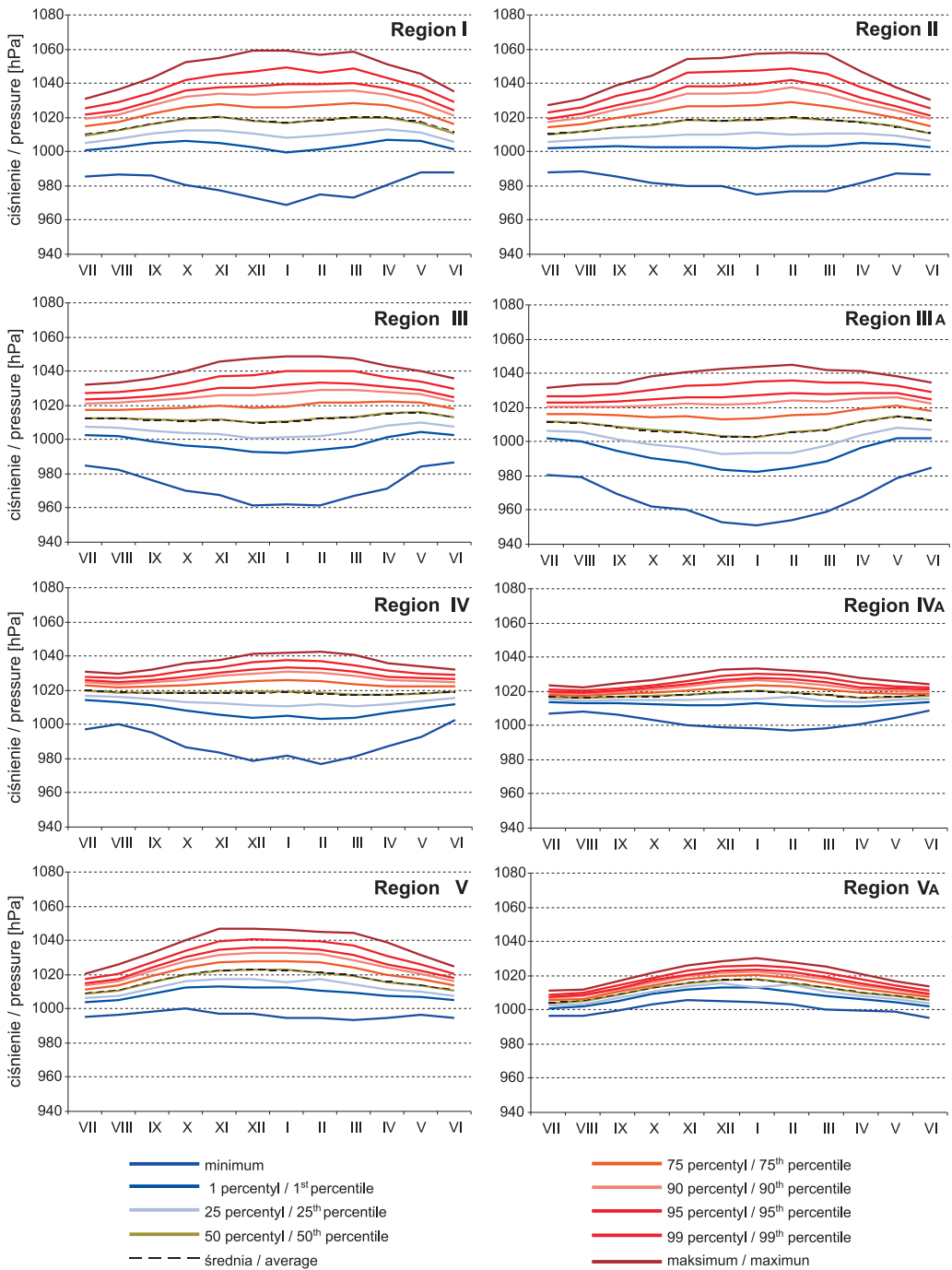


Ryc. 13. Przestrzenne zróżnicowanie typów rocznego przebiegu ciśnienia w sektorze euroatlantyckim w latach 1951—2010 — regiony ciśnienia

Fig. 13. Spatial variability of types of annual air pressure patterns in the Euro-Atlantic sector, 1951—2010 — pressure regions

W przeprowadzonej regionalizacji bardzo wyraźnie zaznacza się podział na regiony położone na północ i południe od 50°N. Regiony północne (region I, II oraz III i IIIA) charakteryzuje duży zakres zmian wartości ciśnienia (szczególnie zimą) oraz: wyjątkowo wysokie średnie miesięczne wartości maksymalne i wyjątkowo niskie wartości minimalne (tabela 4, ryc. 14). W regionach tych najwyższe średnie miesięczne wartości ciśnienia przekraczają 1045 hPa, a w regionie I w styczniu osiągnęły nawet 1059,4 hPa. Z kolei najniższe średnie miesięczne wartości ciśnienia utrzymują się poniżej 980 hPa, osiągając 951,3 hPa w podregionie IIIA. Warto także zaznaczyć, że w regionach I, II i III w żadnym z miesięcy średnie najniższe wartości ciśnienia nie były wyższe niż 990 hPa.

Takie zróżnicowanie jest wynikiem z jednej strony powstawania silnych, kontynentalnych wyżów nad lądolodem Grenlandii i nad północno-wschodnią Europą, z drugiej natomiast dużej aktywności niżów atlantyckich, szczególnie tych powstających w rejonie Basenu Labradorskiego oraz Islandii. W regionach południowych roczny przebieg ciśnienia jest bardziej wyrównany, a wartości ciśnienia z reguły są wyższe niż 1000 hPa. Cechy te są szczególnie dobrze widoczne w rejonach podzwrotnikowych, pozostających pod wpływem wyżów typowych dla tych



Ryc. 14. Średnie miesięczne wartości wybranych charakterystyk ciśnienia w wydzielonych regionach w sektorze euroatlantyckim w latach 1951–2010

Fig. 14. Mean monthly values of selected pressure characteristics in regions identified within the Euro-Atlantic sector in the period 1951–2010

Tabela 4. Wybrane charakterystyki statystyczne średnich wartości ciśnienia na poziomie morza [hPa] w wydzielonych regionach w sektorze euroatlantyckim w latach 1951—2010

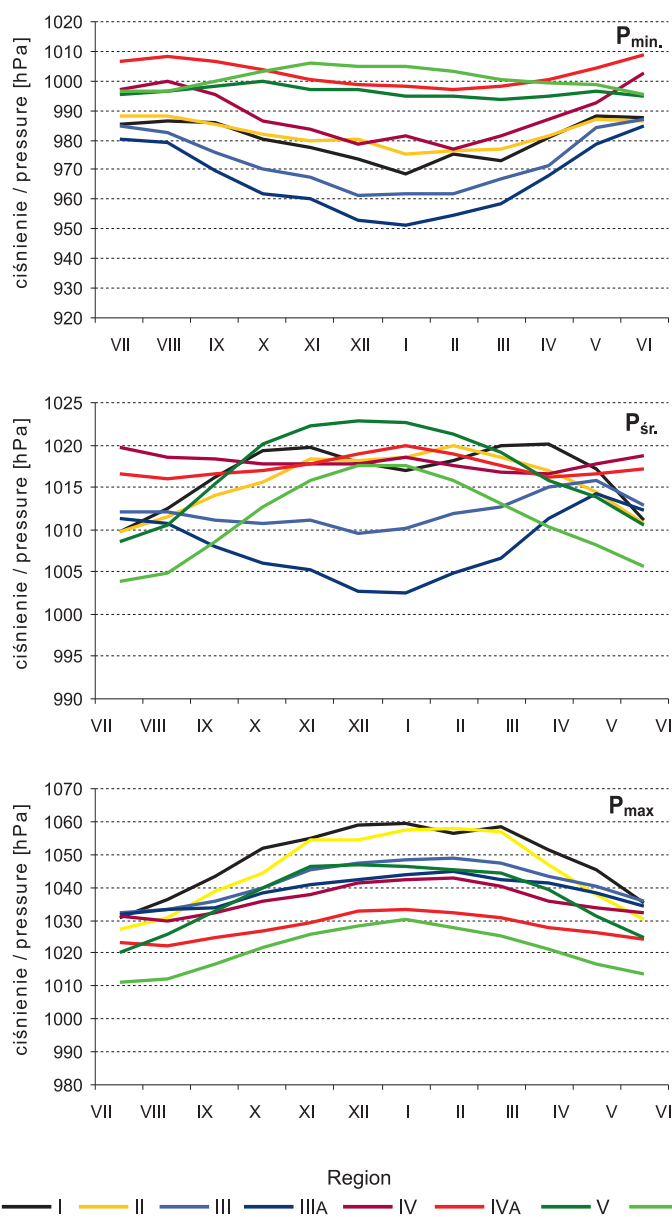
Table 4. Selected statistical characteristics of mean pressure values at sea level [hPa] in regions identified within the Euro-Atlantic sector in the period 1951—2010

Wartości ciśnienia / Pressure values [hPa]	Region							
	I	II	III	IIIA	IV	IVA	V	VA
Najwyższa średnia miesięczna / The highest monthly mean	1059,4	1057,7	1048,9	1044,9	1042,6	1033,5	1046,8	1030,1
Średnia roczna / Annual mean	1016,6	1015,6	1012,1	1008,0	1018,0	1017,4	1016,9	1011,2
Najniższa średnia miesięczna / The lowest monthly mean	968,7	975,3	961,4	951,3	977,1	997,3	993,6	995,5
Średni zakres zmian / Average range of changes	90,8	82,4	87,5	93,6	65,5	36,2	53,1	34,6

szerokości geograficznych. W podregionach IVA i VA średnie miesięczne wartości ciśnienia wahają się od około 995 hPa do 1033 hPa, co oznacza, że średnio zakres tych zmian wynosi około 35—36 hPa, podczas gdy w regionach północnych przekracza 90 hPa (ryc. 14).

Warto również zwrócić uwagę na podział, jaki objął południową część analizowanego obszaru (region IV i V). Główna granica między regionami dzieli go na część zachodnią (region IV), wyznaczającą zasięg najsilniejszego oddziaływania Wyżu Azorskiego nad Europą, oraz wschodnią (region V), w której w półroczu ciepłym wyraźnie zaznacza się wpływ Nizu Południowoazjatyckiego oraz niżów powstających w zachodniej części Morza Śródziemnego (Maheras i in. 2001; Romem i in. 2007). Region IV charakteryzuje się najwyższymi średnimi rocznymi wartościami ciśnienia sięgającymi około 1018 hPa, mimo że najwyższe średnie miesięczne wartości ciśnienia występują w regionie Grenlandii, osiągając w styczniu prawie 1060 hPa. Związane jest to z letnim osłabieniem Wyżu Grenlandzkiego, podczas gdy zimowe wartości ciśnienia Wyżu Azorskiego nie różnią się znacząco od tych występujących latem (Sahsamanoglou 1990; Davis i in. 1997; Barry i Carleton 2001). Z kolei region V, a szczególnie podregion VA, wyróżnia wartość i roczny przebieg najniższych wartości ciśnienia (ryc. 14). W przeciwieństwie do pozostałych regionów, w których najniższe ciśnienie występuje na ogół latem, w analizowanym regionie (VA) wartości takie notuje się zimą, a najniższe wartości ciśnienia prawie przez cały rok przekraczają 1000 hPa.

Analizując zmiany ciśnienia w poszczególnych regionach, łatwo zauważyć, że najbardziej wyróżniającą je cechą (poza wartościami ciśnienia) jest roczny przebieg jego wartości średnich (ryc. 15). W regionach reprezentujących południowo-wschodnią część analizowanego obszaru (region II i V) zaznacza się silny wpływ kontynentu azjatyckiego. Bardzo wyraźnie widoczne jest zimowe maksimum przypadające na grudzień i styczeń (około 1017 hPa w podregionie VA i 1022 hPa w regionie V) lub luty (około 1020 hPa w regionie II). Latem natomiast średnie wartości ciśnienia osiągają odpowiednio około: 1004—1005 hPa, 1008—1011 hPa oraz 1010—1012 hPa. Styczniowe maksimum ciśnienia występuje także w podregionie IVA, jednak w tym



Wartości / Values: $P_{\min.}$ — najniższe / the lowest; $P_{\text{śr.}}$ — średnie / average; P_{\max} — najwyższe / the highest

Ryc. 15. Średnie miesięczne wartości ciśnienia w wydzielonych regionach w sektorze euroatlantyckim w latach 1951—2010

Fig. 15. Mean monthly pressure values in regions identified within the Euro-Atlantic sector in the period 1951—2010

przypadku średnie wartości ciśnienia w ciągu roku są bardziej wyrównane, a zakres ich zmian wynosi około 4 hPa. Niemal odwrotny przebieg ciśnienia występuje w regionie III i podregionie IIIA. Najniższe wartości średnie przypadają odpowiednio w grudniu (1009,5 hPa — III) i styczniu (1002,5 hPa — IIIA), natomiast najwyższe w maju (odpowiednio 1015,7 hPa i 1014,3 hPa). Wysokie ciśnienie notowane w ostatnim z wymienionych miesięcy jest cechą charakterystyczną dla obszaru Arktyki, zauważalną również w regionie I. Maj jest jedynym miesiącem w ciągu roku, w którym częstość wyżów w tych obszarach jest większa niż układów niskiego ciśnienia (Przybylak 1996; Niedźwiedź 2006). Wspomniany region I jest także najbardziej wyróżniającym się ze wszystkich regionów. Charakteryzują go wspomniane już bardzo wysokie wartości ciśnienia, najwyższe średnie wartości ciśnienia występujące jesienią i wiosną, a najniższe latem, gdy słabnie Wyż Grenlandzki. Maksimum wiosenne cechują nieco wyższe wartości (1020,0 hPa) niż wzrost jesienny (1019,8 hPa), chociaż różnica jest bardzo niewielka. Również spadek wartości ciśnienia obserwowany zimą, będący wynikiem wzrostu działalności cyklonalnej w opisywanym regionie (Przybylak 1996), nie jest zbyt duży i sięga około 3 hPa. Znacznie niższe wartości ciśnienia notowane są dopiero latem i wynoszą około 1010—1011 hPa.

Inną cechą wyróżniającą poszczególne regiony jest zakres zmian wartości ciśnienia wyższych i niższych od wartości średniej. Poza wspomnianym wcześniej regionem V, na całym analizowanym obszarze roczny przebieg wymienionych wartości ciśnienia (odpowiednio wyższych i niższych od średniej) przypomina lustrzane odbicie (ryc. 14). Jednak odchylenia badanych wartości od średniej miesięcznej różnią się w zależności od pory roku oraz regionu. Generalnie, większe są różnice między wartościami średnimi i najniższymi. Największe różnice (10 hPa) między opisywanymi odchyleniami występują w regionie III i IIIA oraz regionie IV. W przypadku obszaru III i IIIA tak duże różnice związane są z intensywną działalnością Nizu Islandzkiego, zlokalizowanego w centrum tego regionu. Natomiast w regionie IV, w którym w grudniu różnica między wartościami najniższymi a średnią była większa o 15,8 hPa niż w przypadku wartości najwyższych, jest ona wynikiem znaczącej rocznej zmienności położenia i intensywności Wyżu Azorskiego (Sahsamanoglou 1990; Davis i in. 1997). Jeżeli natomiast porównamy różnice między średnią a odpowiednio wartością 10 i 90 percentyla, to zależność okazuje się odwrotna. Większe odchylenia widoczne są w przypadku wysokich wartości ciśnienia. W regionach północnych różnice te są większe o około 5—14,9 hPa (w styczniu w regionie I), natomiast w północnej Afryce i południowej części Morza Śródziemnego o 1,7—8,1 hPa.

4. Regiony występowania silnych antycyklonów w sektorze euroatlantyckim

Zróźnicowanie środowiska przyrodniczego na Ziemi, w tym także klimatu i różnego rodzaju zdarzeń klimatycznych, najczęściej opisywane jest przez tworzenie różnorodnych klasyfikacji i regionalizacji. Z jednej strony ułatwiają one porównywanie cech badanego elementu przyrodniczego na dużych obszarach, z drugiej natomiast pozwalają na śledzenie bardziej „subtelnych” jego zmian w granicach wyróżnionych wcześniej regionów. Bardzo często zmiany obserwowane w jednym z wydzielonych obszarów czy stref stają się sygnałem poprzedzającym zmiany, jakie mogą się pojawić w innych miejscach na świecie. W ten sposób stają się one swoistym rodzajem prognozy, która przy obecnym stanie rozwoju cywilizacji może stanowić ostrzeżenie i/lub sygnał ułatwiający adaptację człowieka do zmieniających się warunków życia czy też podejmowania działań zapobiegających zmianom w środowisku (IPCC 2007). W klimatologii synoptycznej rolę takich regionów odgrywają m.in. komórki cyrkulacyjne oraz centra działania atmosfery. Badanie zmian ich położenia oraz intensywności przepływu w obrębie komórek cyrkulacyjnych jest jedną z metod śledzenia i prognozowania zmian klimatu. Innym sposobem śledzenia zmian klimatu jest analiza występowania określonych form cyrkulacji nad danym obszarem. W tym celu powszechnie korzysta się przede wszystkim z badań frekwencji typów cyrkulacji lub zmian wielkości różnych wskaźników cyrkulacji atmosfery (Kozuchowski 1995; Niedźwiedź 1996; Ustrnul 1997). Jednak należy podkreślić, że w większości przypadków taki sposób określania zmian cyrkulacji atmosfery ma charakter regionalny. Wynika to z metod wydzielania typów cyrkulacji nad danym obszarem oraz obliczania wskaźników cyrkulacji na podstawie częstości ich występowania. Wyróżniamy dwie główne grupy metod. Pierwsza z nich to metody subiektywne — zwykle oparte na zaliczeniu sytuacji synoptycznej występującej w danym dniu do jednego z wcześniej przyjętych wzorców cyrkulacji nad badanym obszarem (Lamb 1972; Niedźwiedź 2006). Druga natomiast to metody obiektywne, pozwalające wydzielić typy cyrkulacji z zastosowaniem różnych algorytmów obliczeniowych, korzystających z różnych

charakterystyk pola ciśnienia w punktach gridowych (Yarnal 1984; James 2007). Niezależnie od tego, czy są to metody manualne (subiektywne), czy automatyczne (obiektywne) zwykle określają kierunek adwekcji powietrza oraz rodzaj układu barycznego, wywierającego wpływ na warunki meteorologiczne tylko wybranego obszaru (Huth i in. 2008). Z tego powodu klasyfikacji opracowanej na przykład dla Polski raczej nie można zastosować dla Czech czy innych rejonów Europy. I nawet w klasyfikacjach obejmujących swoim zasięgiem większe obszary opisane typy cyrkulacji najlepiej oddają warunki cyrkulacyjne centralnych części rejonów badań. Dobrze obrazuje to, jedna z najbardziej znanych w Europie, klasyfikacja Grosswetterlagen (Hess i Brezowsky 1977; Gerstengarbe i Werner 2005), która najlepiej oddaje cechy cyrkulacji nad Europą Środkową. Nie oznacza to, że opracowując katalogi cyrkulacji dla różnych części świata, nie można stosować podobnych metod, czego przykładem jest katalog typów sytuacji synoptycznych dla dorzecza górnej Wisły, opracowany przez T. Niedźwiedzia (1981), a wzorowany na klasyfikacji H. Lamba (1972) obejmującej Wyspy Brytyjskie. Dodatkowym problemem jest także właściwy wybór typologii i możliwość porównania otrzymanych rezultatów z innymi badaniami (Łupikasa 2010). Okazuje się bowiem, że część klasyfikacji może być stosowana do badania wielu aspektów zmian cyrkulacji atmosfery i ich wpływu na środowisko, niektóre natomiast służą bardzo specyficznym celom i regionom (Huth i in. 2008). W przeciwieństwie do licznych klasyfikacji dotyczących mniejszych obszarów, niewiele jest opracowań wielkoskalowych. Do najważniejszych należą makroskalowe typy cyrkulacji G.J. Wangenheima (1952), rozszerzone przez A.A. Girsę (1964), oraz klasyfikacja B.L. Dzerdzeewskiego (1975b). W niektórych opracowaniach warunki cyrkulacyjne znacznych obszarów świata (np. hemisfery; Ustrnul 1997) lub ważne mechanizmy sterujące cyrkulacją opisywane są nie za pomocą typów cyrkulacji, a jej wskaźników (Marsz 1999; Degirmendžić i in. 2000). Badając występowanie poszczególnych form i elementów cyrkulacji atmosfery, trzeba także pamiętać, że liczba typów cyrkulacji zmienia się w zależności od pory roku (Wibig 2001; Guentchev i Winkler 2010). Cecha ta w sposób szczególny pozwala powiązać cyrkulację atmosfery z regionem fizycznogeograficznym.

Pole ciśnienia podlega dużej przestrzennej i czasowej zmienności, związanej głównie z cyklem rocznym i wieloletnimi zmianami zachodzącymi w środowisku. Opisuując zarówno przestrzenne, jak i czasowe zmiany rozkładu ciśnienia, najczęściej omawia się równoleżnikowo rozmieszczone na Ziemi *strefy* ciśnienia, *komórki cyrkulacyjne* lub poszczególne ośrodki baryczne (zwane *ośrodkami działania atmosfery* lub *centrami sterującymi*; Chromow 1969). O wiele rzadziej proponuje się podział na regiony odznaczające się charakterystycznym występowaniem określonych układów barycznych (Vitels 1946, 1965; Kożuchowski 1995). W takich przypadkach zazwyczaj opisuje się regiony geograficzne wyróżniające się specyficznymi cechami cyrkulacji atmosfery, które nie mają precyzyjnie wyznaczonych granic (np. cyklony powstające w basenie Morza Śródziemnego czy strefa intensywnej działalności cyklonalnej na północnym Atlantyku; Kłysik 1995; Romem i in. 2007).

Jak już wspomniano we *Wprowadzeniu*, jednym z najistotniejszych elementów cyrkulacji atmosfery są układy wysokiego ciśnienia. Szczególna rola pogodo- i kli-

matotwórcza przypada układom najsilniejszym, których występowanie stanowi główne zagadnienie niniejszej pracy. Z tego powodu postanowiono sprawdzić regionalne zróżnicowanie występowania silnych wyżów oraz ich zmiany w czasie. W tym celu dokonano podziału sektora euroantlantycznego na regiony charakteryzujące się podobnymi cechami występowania rozpatrywanych układów barycznych. Podobnie jak w przypadku wydzielania regionów o odmiennym reżimie barycznym (rozdział 3.), także w przypadku silnych wyżów podstawą regionalizacji był roczny przebieg częstości ich występowania.

4.1. Definicja silnych układów antycyklonalnych

Poszukując odpowiedzi na pytanie o występowanie wyjątkowo wysokich wartości ciśnienia, najczęściej badamy częstość występowania ciśnienia przekraczającego pewną stałą wartość progową. W odniesieniu do silnych układów antycyklonalnych próg taki często stanowi ciśnienie równe lub wyższe od 1035 hPa (Kłysik 1995; Kozuchowski 1995). Przyjęcie takiego sposobu wydzielenia silnych wyżów pozwala na porównywanie najważniejszych, makroskalowych cech cyrkulacji atmosfery nad znacznymi obszarami. Jednak, jak wykazano w poprzednim rozdziale, w niektórych regionach rozpatrywanego obszaru tak wysokie wartości ciśnienia występują bardzo rzadko. Nie oznacza to, że nieco słabsze wyże nie mogą powodować podobnych skutków przyrodniczych do tych o większej intensywności. Zależy to bowiem nie tylko od wartości ciśnienia, ale także od trwałości układu, pory roku, w jakiej występują, innych cech cyrkulacyjnych nad danym obszarem czy warunków geograficzno-przyrodniczych. Z tego powodu postanowiono sprawdzić, jakie układy wyżowe są najsilniejsze dla poszczególnych rejonów, i jakie, pod tym względem, są różnice między poszczególnymi obszarami rozpatrywanego sektora. W tym celu zastosowano kryterium wybranego percentyla wszystkich wartości ciśnienia, jakie występowało w danym punkcie gridowym. Zastosowanie takiego kryterium jest zgodne z przyjmowanymi powszechnie założeniami wyznaczania zjawisk ekstremalnych (w tym przypadku silnych układów wysokiego ciśnienia). Według nich, uznaje się, że zdarzenia ekstremalne „rzadko występują w danym miejscu i porze roku”, a „pojęcie »rzadko« jest zmienne, ale zjawiska te powinny być przynajmniej tak rzadkie, jak wartość 10 lub 90 percentyla” (Beniston i in. 2007; IPCC 2007). Niemniej jednak dość często do badań zdarzeń ekstremalnych stosuje się zaostrzone kryteria, przyjmując za wartości graniczne wartość 5 i 95 lub 1 i 99 percentyla (Klein Tank 2007; Labajo i in. 2008). Na podstawie badań, których rezultaty zostały przedstawione w poprzednich rozdziałach, oraz wyników zaprezentowanych we wcześniejszych pracach autorki (Bielec-Bąkowska 2010b; Bielec-Bąkowska i Piotrowicz 2011, 2012) do dalszych badań przyjęto wartości progowe 95 i 99 percentyla (P_{95} i P_{99}). Zadecydowano tak, ponieważ różnice ciśnienia między wartością średnią a wartością 90 percentyla nie były aż tak znaczące. Wartości ciśnienia dla tego wskaźnika (P_{90}) o wiele bardziej

przypominały te wyznaczone dla 80 niż 99 percentyla (Bielec-Bąkowska 2010b). Analizując tak obliczone wartości progowe występujące w poszczególnych regionach, stwierdzono również, że na większości obszaru Europy wartość P_{95} jest zbliżona do 1030 hPa, natomiast P_{99} zwykle przekracza 1035 hPa (Bielec-Bąkowska 2010b; Bielec-Bąkowska i Piotrowicz 2011). Z tego powodu postanowiono, że podjęcie decyzji dotyczącej sposobu wyznaczania silnych wyżów zostanie poprzedzone przeprowadzeniem dwóch regionalizacji, uwzględniających obie metody określania badanych układów. Ponadto układy wysokiego ciśnienia zostaną podzielone na silne i bardzo silne wyże. Uwzględniając regionalny charakter występowania analizowanych układów (stosując tzw. względne wartości progowe):

- za silne wyże uznano te, których ciśnienie w centrum układu jest równe lub wyższe niż wartość P_{95} ,
- za bardzo (wyjątkowo) silne wyże przyjęto układy, w których ciśnienie w centrum jest równe lub wyższe niż wartość P_{99} .

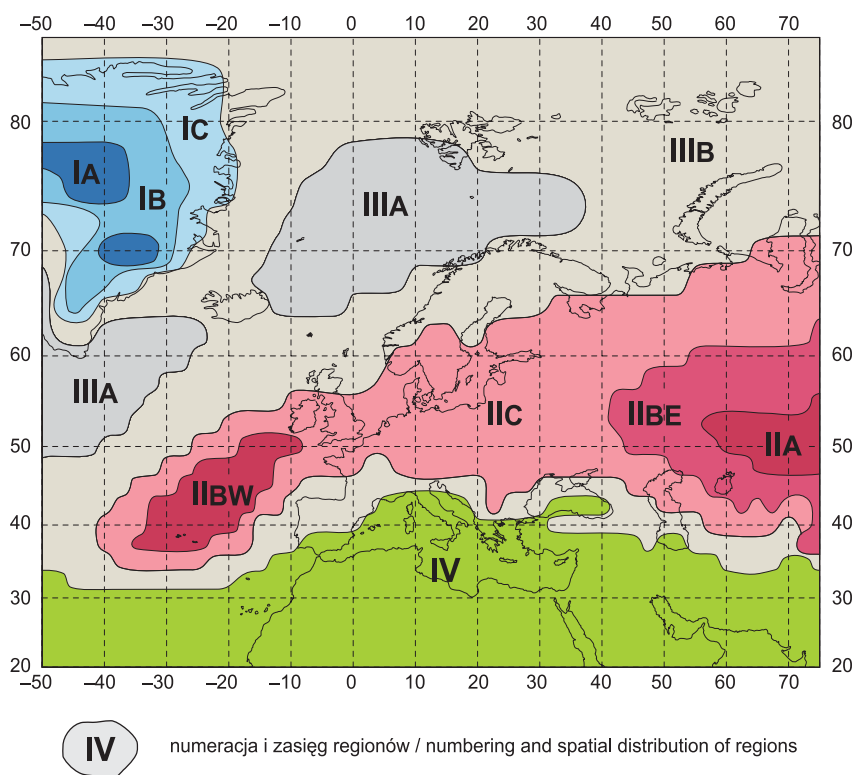
Drugi sposób (przyjmujący stałe wartości progowe) zakładał, że:

- za silny wyż uznane zostaną te układy, w których ciśnienie jest wyższe lub równe 1030 hPa, a niższe niż 1035 hPa,
- wyjątkowo silny wyż natomiast to układ, w którym ciśnienie jest wyższe lub równe 1035 hPa.

Potrzeba zastosowania obu kryteriów jest szczególnie dobrze widoczna w cieplej połowie roku, w której występuje znacznie mniej najsilniejszych układów wysokiego ciśnienia, w szczególności w południowej części sektora euroatlantyckiego. Ponadto, w zależności od regionu, zwykle jedno z kryteriów okazywało się kryterium ostrzejszym i lepiej oddającym częstość występowania tak ekstremalnych warunków barycznych. Jednocześnie zaproponowany podział na wyże silne i bardzo silne pozwoli na oszacowanie, na ile występowanie bardzo silnych układów wyżowych było tylko krótkim epizodem związanym z bardzo niewielkim obszarem (często na południu Europy, w rozległej strefie podwyższonego ciśnienia, przez kilka godzin pojawiają się niewielkie obszary o bardzo wysokich jego wartościach), a na ile odzwierciedlało warunki cyrkulacyjne panujące w danym okresie i obejmujące swoim zasięgiem większe rejony badanego obszaru.

4.2. Regiony antycyklonalne

Wydzielając regiony występowania silnych antycyklonów określonych według jednego kryterium dla całego sektora euroatlantyckiego, dla każdego punktu gridowego obliczono miesięczną, sezonową i wieloletnią liczbę dni, w których ciśnienie było wyższe lub równe 1030 hPa i 1035 hPa. Następnie, korzystając z analizy skupień metodą *K*-średnich, przeprowadzono wstępną regionalizację, przyjmując podział na 2–7 grup. Podziały na większą liczbę grup powodowały, że zaczynały zanikać najważniejsze cechy charakteryzujące przestrzenne zróżnicowanie ciśnienia na rozpatrywanym obszarze.



Ryc. 16. Regiony antycyklonalne wydzielone na podstawie kryterium 1030 hPa i 1035 hPa

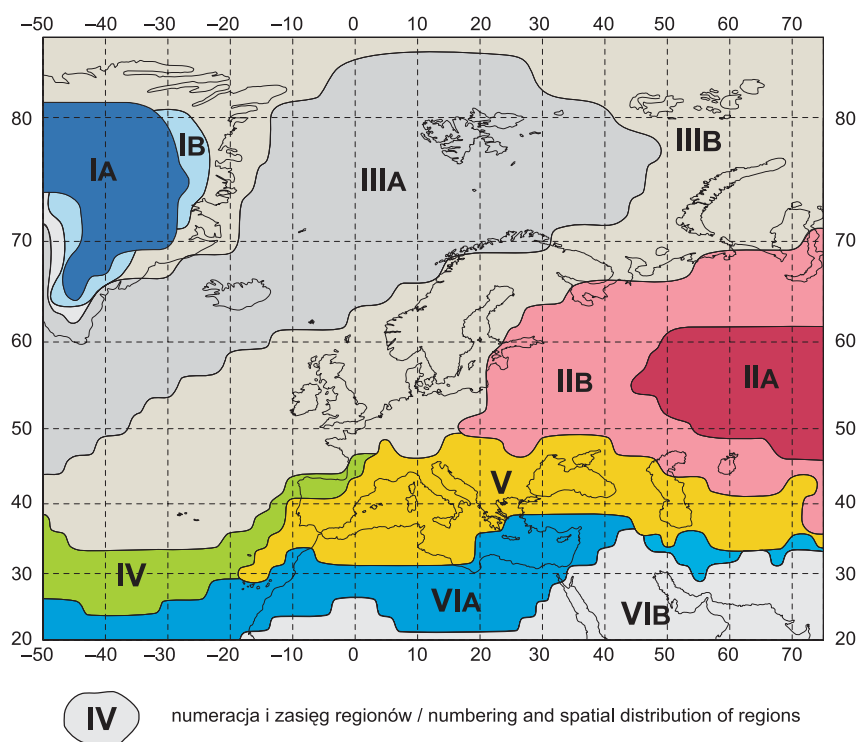
Fig. 16. Anticyclonic regions identified using the criterion of 1030 hPa and 1035 hPa

Poszczególne punkty gridowe zostały zaliczone do wydzielonych skupień, tworząc grupy typologiczne (charakteryzujące się podobnym przebiegiem rocznym i/lub liczbą dni z przyjętymi wartościami progowymi). Jednak już samo ich położenie geograficzne sugeruje, że mogą to być regiony różne genetycznie. Z tego powodu kolejnym krokiem była analiza rocznego przebiegu liczby dni z ciśnieniem przekraczającym ustalone wartości progowe oraz analiza korelacyjna. Na tej podstawie stwierdzono, że w przypadku regionów otaczających inne wydzielone obszary najważniejszą cechą odróżniającą poszczególne regiony była liczba dni z rozpatrywanymi wartościami ciśnienia. Natomiast w przypadku obszarów zaliczanych do tej samej grupy typologicznej, ale rozdzielonych innymi regionami (np. wydzielony obszar na Atlantyku i południowa część sektora euroatlantyckiego) wyróżniającą cechą były różnice w przebiegu rocznym. Analizując otrzymane rezultaty, zauważono, że podział na więcej niż 5 grup nie powoduje znaczących zmian granic wydzielonych wcześniej obszarów, a jedynie ich dalszy podział wewnętrzny. W rezultacie postanowiono przyjąć ten podział jako końcowy. Uwzględniając oczywiste różnice genetyczne wyzów zaliczanych do tych samych grup typologicznych, postanowiono wydzielić 4 regiony, w których (ze względu na znaczne różnice liczby dni ze wspomnianymi wcześniej wartościami ciśnienia) wyróżniono jeszcze kilka podregionów (ryc. 16).

Ze względu na wstępny charakter przeprowadzonej klasyfikacji podjęto decyzję, aby poszczególnym regionom przypisać numerację rzymską. W przypadku podregionów, każdy z nich otrzymał dodatkowe oznaczenie literowe. Pierwsza litera wskazuje na zróżnicowanie liczby dni spełniających wybrane kryteria (A — największa liczba dni, B — przeciętna, C — najmniejsza), druga natomiast (E lub W) symbolizuje położenie geograficzne w obrębie regionu (odpowiednio na wschodzie lub zachodzie regionu). W trakcie wyróżniania regionów zdecydowano się również uwzględnić jeden z podregionów, który pojawił się w podziałach na większą liczbę grup — podregion II_{BW}. Decyzja ta była podyktowana faktem pojawiania się w tym miejscu „sygnału”, świadczącego o odmiennych cechach zmian ciśnienia we wcześniejszych podziałach, oraz tym, że jest to obszar występowania Wyżu Azorskiego.

Podobną analizę przeprowadzono, wydzielając regiony na podstawie kryterium 95 i 99 percentyla wartości ciśnienia w danym miejscu. W tym przypadku wyróżniono 6 regionów, a w nich kilka podregionów (ryc. 17), przyjmując podobne oznaczenia, jak w przypadku poprzedniej klasyfikacji.

Analizując kolejne etapy przeprowadzanych regionalizacji, można zauważyć kilka wartych zasygnalizowania faktów. Pierwszy z nich to pojawianie się regionów, które wyróżniają się największą liczbą silnych wyżów oraz najwyższymi wartościami



Ryc. 17. Regiony antycyklonalne wydzielone na podstawie kryterium 95 i 99 percentyla
Fig. 17. Anticyclonic regions identified using the criterion of the 95th and 99th percentile

mi ciśnienia (region I i II w obu klasyfikacjach; ryc. 16 i 17). Zarówno w pierwszym, jak i drugim podziale regiony te pojawiają się już w pierwszym lub drugim kroku, a ich położenie nie ulega większym zmianom. Wyróżniającym się obszarem (niższymi wartościami ciśnienia) jest także region III, a szczególnie podregion IIIA. Co prawda zaznacza się on dopiero w trzecim lub czwartym etapie regionalizacji, ale jego położenie pozostaje prawie niezmienione. O wiele większe zmiany zachodziły podczas wydzielania regionów w obszarze położonym na południe od 50°N, a szczególnie na obszarze Europy Zachodniej i Środkowej. O ile w przypadku podziału według kryterium 1030 hPa i 1035 hPa były to niewielkie zmiany północnych granic regionu oznaczonego numerem IV, o tyle w przypadku kryterium 95 i 99 percentyla granice regionów południowych zmieniały się aż do kroku szóstego.

Niezależnie od przyjętego kryterium, ogólny podział na regiony charakteryzujące się innym typem rocznego przebiegu najwyższych wartości ciśnienia jest podobny, co jest oczywiście rezultatem przestrzennego zróżnicowania wartości ciśnienia w sektorze euroatlantyckim (ryc. 16 i 17). Z tego też powodu granice większości regionów antycyklonalnych są zbliżone do wydzielonych w poprzednim rozdziale regionów rocznej zmienności ciśnienia w rozpatrywanym obszarze (ryc. 13). Największe podobieństwa między regionami wydzielonymi według opisanych kryteriów dotyczą występowania najwyższych wartości ciśnienia na północ od 50°N zaliczanych do regionów oznaczonych jako:

- I — obejmujący prawie całą Grenlandię,
- II — obejmujący głównie Europę Wschodnią i związany z wyżem znad Azji,
- III — obejmujący prawie całą część północnego Atlantyku oraz Europę Północną (ryc. 16 i 17).

Regiony I i II charakteryzują się przede wszystkim najwyższymi wartościami ciśnienia notowanymi na rozpatrywanym obszarze, co związane jest z występowaniem bardzo silnych zimowych wyżów kontynentalnych. Wartości te przekraczają 1040 hPa czy nawet 1050 hPa (tabela 5), a roczne maksimum ciśnienia oraz największa liczba dni z silnymi i bardzo silnymi wyżami (nawet 10—12 dni w miesiącu) występują w chłodnych miesiącach roku (tabela 6, ryc. 18).

Duże podobieństwa między obiema regionalizacjami widoczne są także w zasięgu i rocznym przebiegu ciśnienia w regionie III. Obszar ten cechuje jedne z najniższych wartości ciśnienia (tabela 4) oraz bardzo charakterystyczny wzrost liczby dni z silnymi i bardzo silnymi wyżami w miesiącach wiosennych, co jest szczególnie dobrze widoczne w regionie IIIA (tabela 5 i 6, ryc. 18). Najwyższe wartości ciśnienia w tym regionie wahają się w granicach 1030—1040 hPa, a ich zmiany roczne (od 6,6 hPa dla P_{95} do 11,4 hPa dla P_{99}) należą do jednych z najmniejszych w całym sektorze euroatlantyckim.

Znacznie większe różnice widoczne są w południowej części sektora euroatlantyckiego. Według kryterium 1030—1035 hPa, cały ten obszar (region IV — obejmujący Europę Południową, szerokim pasem sięgając aż po Morze Kaspijskie, zachodnią część Morza Śródziemnego oraz północny fragment Afryki) charakteryzuje bardzo niewielka liczba silnych i bardzo silnych wyżów (zaledwie kilka przypadków rocznie), występujących głównie w miesiącach zimowych (tabela 5, ryc. 18). W re-

Tabela 5. Najwyższa i najniższa średnia miesięczna wartość 95 i 99 percentyla ciśnienia [hPa] w wydzielonych regionach antycyklonalnych (wg kryterium 95 i 99 percentyla) w latach 1951—2010

Table 5. The highest and lowest mean monthly value of the 95th and 99th percentile of pressure [hPa] in the identified anticyclonic regions (criterion of the 95th and 99th percentile) in the period 1951—2010

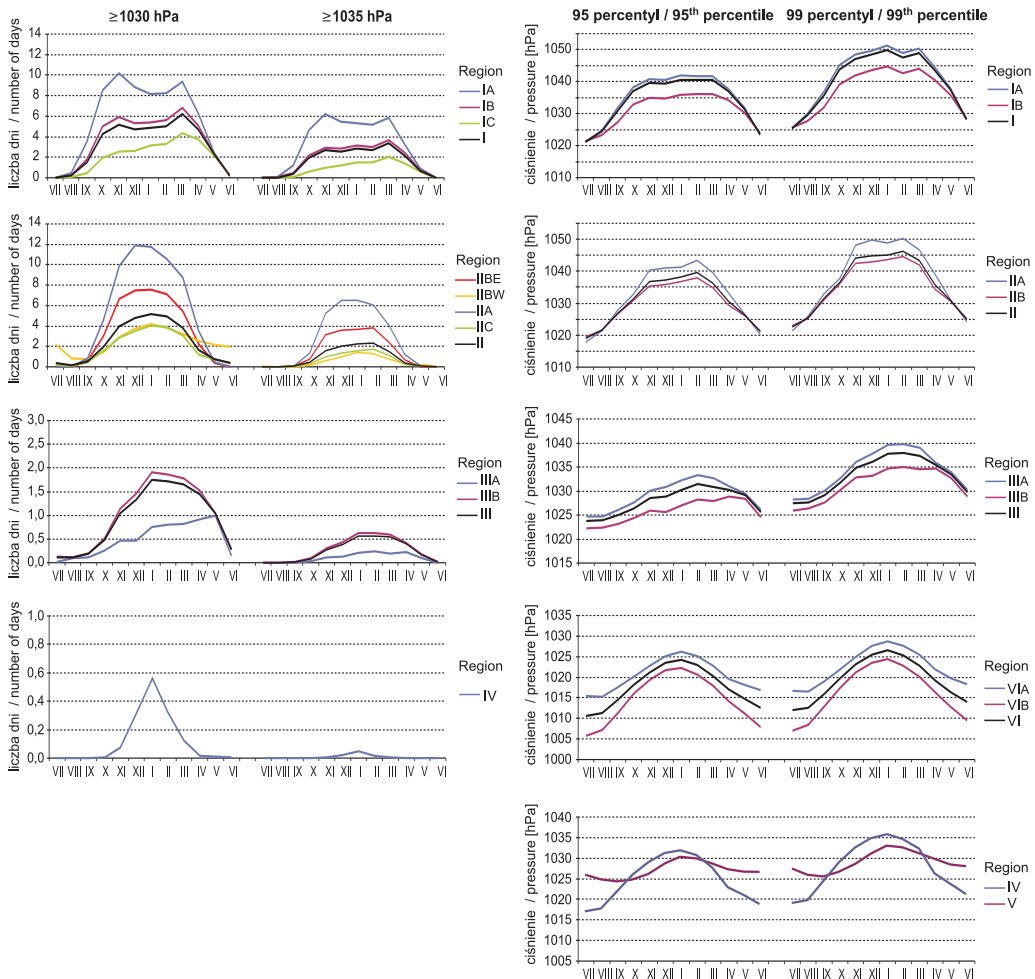
Średnia miesięczna wartość ciśnienia / Average monthly pressure value										
Region	95 percentyl / 95 th percentile					99 percentyl / 99 th percentile				
	najwyższa / the highest	miesiąc / month	najniższa / the lowest	miesiąc / month	zakres zmian / range of changes	najwyższa / the highest	miesiąc / month	najniższa / the lowest	miesiąc / month	zakres zmian / range of changes
I	1040,6	I	1021,2	VII	19,4	1049,9	I	1025,4	VII	24,5
IA	1041,9	I	1021,1	VII	20,8	1051,3	I	1025,3	VII	26,0
IB	1036,1	II—III	1021,5	VII	14,6	1044,7	I	1025,7	VII	19,1
II	1039,6	II	1018,9	VII	20,6	1046,3	II	1022,5	VII	23,8
IIA	1043,4	II	1017,8	VII	25,6	1050,2	II	1021,4	VII	28,8
IIB	1037,9	II	1019,4	VII	18,5	1044,7	II	1023,0	VII	21,7
III	1031,4	II	1023,8	VII	7,6	1038,0	II	1027,4	VII	10,6
IIIA	1033,3	II	1024,7	VII	8,6	1039,7	I	1028,2	VII	11,4
IIIB	1028,9	IV	1022,3	VII	6,6	1035,1	II	1026,0	VII	9,1
IV	1031,9	I	1017,1	VII	14,8	1035,9	I	1019,0	VII	16,8
V	1030,4	I	1024,3	VIII	6,1	1033,0	I	1025,7	IX	7,2
VI	1024,3	I	1010,6	VII	13,7	1026,6	I	1011,9	VII	14,7
VIa	1026,3	I	1015,3	VIII	10,9	1028,8	I	1016,5	VII	12,3
VIb	1022,3	I	1005,7	VII	16,5	1024,4	I	1007,0	VII	17,3

Tabela 6. Najwyższa i najniższa średnia miesięczna liczba dni z ciśnieniem wyższym lub równym 1030 hPa i 1035 hPa w wydzielonych regionach antycyklonalnych (wg kryterium 1030 hPa i 1035 hPa) w latach 1951—2010

Table 6. The highest and lowest mean monthly number of days with pressure equal to or higher than 1030 hPa and 1035 hPa in identified anticyclonic regions (criterion of 1030 hPa and 1035 hPa) in the period 1951—2010

Region	Średnia liczba dni z ciśnieniem / Average number of days with pressure									
	≥ 1030 hPa					≥ 1035 hPa				
	najwyższa / the highest	miesiąc / month	najniższa / the lowest	miesiąc / month	zakres zmian / range of changes	najwyższa / the highest	miesiąc / month	najniższa / the lowest	miesiąc / month	zakres zmian / range of changes
I	6,2	III	0,0	VII	6,2	3,3	III	0,0	VII	3,3
IA	10,2	XI	0,0	VII	10,2	6,2	XI	0,0	VII	6,2
IB	6,8	III	0,0	VII	6,8	3,7	III	0,0	VII	3,7
IC	4,4	III	0,0	VII	4,3	2,0	III	0,0	VII	2,0
II	5,2	I	0,2	VIII	5,0	2,3	I	0,0	VIII	2,3
IIA	11,9	XII	0,0	VII	11,9	6,5	I	0,0	VI—VIII	6,5
IIBE	7,5	I	0,0	VII	7,5	3,9	II	0,0	VI—VIII	3,9
IIBW	4,2	I	0,8	IX	3,4	1,4	I	0,0	VIII	1,4
IIC	4,0	I	0,1	VIII	3,9	1,7	II	0,0	VIII	1,7
III	1,8	I	0,1	VIII	1,6	0,6	I—II	0,0	VII	0,6
IIIA	1,0	V	0,0	VII	1,0	0,2	II	0,0	VII	0,2
IIIB	1,9	I	0,1	VIII	1,8	0,6	I	0,0	VII	0,6
IV	0,6	I	0,0	VIII—IX	0,6	0,0	I	0,0	IV—X	0,0

0,0 — średnia liczba dni jest mniejsza niż 0,1 / average number of days is lower than 0.1.



Ryc. 18. Średnia liczba dni z ciśnieniem równym lub wyższym 1030 hPa i 1035 hPa oraz średnia wartość [hPa] 95 i 99 percentyla ciśnienia w regionach antycyklonalnych w latach 1951—2010

Fig. 18. The mean number of days with pressure equal to or greater than 1030 hPa and 1035 hPa and the mean value [hPa] of the 95th and 99th percentile of pressure in anticyclonic regions in the period 1951—2010

gionalizacji uwzględniającej wartości P_{95} i P_{99} opisywany obszar podzielony został na trzy regiony (IV, V i VI), w których bardzo rzadko ciśnienie przekracza 1030 hPa, a najniższe średnie miesięczne wartości analizowanych percentyli zwykle nie przekraczają 1020 hPa (tabela 7, ryc. 18).

Zatem który z zaproponowanych podziałów należałoby uznać za bardziej odpowiadający pojęciu regionów występowania silnych antycyklonów? Położenie i zasięg wydzielonych regionów są do siebie bardzo podobne. Roczny przebieg liczby silnych i bardzo silnych wyzów, jaki je charakteryzuje, również, a największe różnice wartości i rocznych zmian ciśnienia występujące w południowej części badanego obszaru

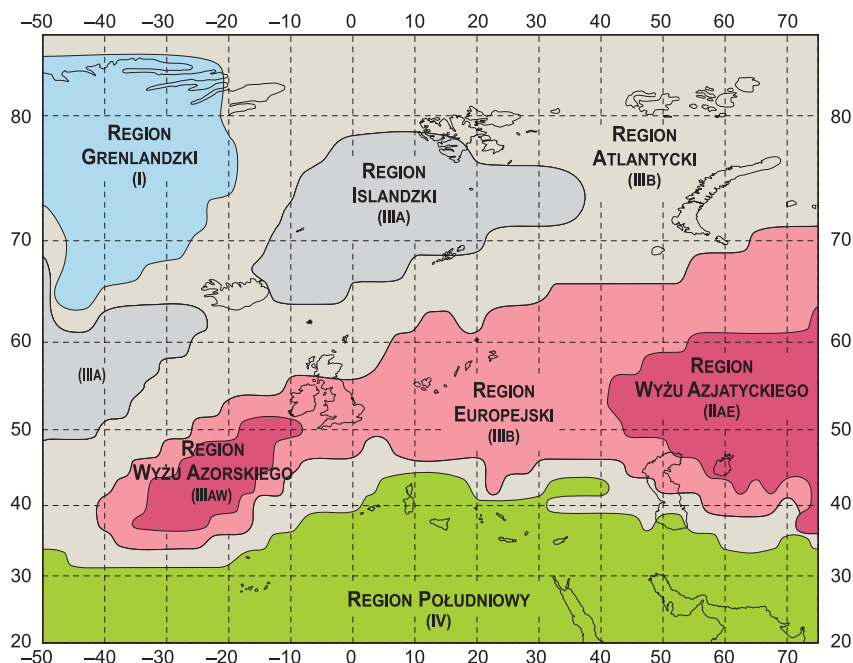
Tabela 7. Wybrane charakterystyki ciśnienia w regionach antycyklonalnych wydzielonych według kryterium percentyli oraz kryterium liczby dni z silnym lub bardzo silnym wyżem (1951—2010)

Table 7. Selected characteristics of air pressure in anticyclonic regions identified using the percentile criterion and the criterion of the number of days with a strong or very strong high in the period 1951—2010

Region	Średnia miesięczna wartość ciśnienia / Average monthly pressure value [hPa]		Średnia miesięczna liczba dni z ciśnieniem / Average monthly number of days with pressure		Region
	95 percentyl / 95 th percentile	99 percentyl / 99 th percentile	≥ 1030 hPa	≥ 1035 hPa	
I	1021,1—1041,9	1025,3—1051,3	4,4—10,2	2,0—6,2	I
II	1017,8—1043,4	1021,4—1050,2	4,0—11,9	1,4—6,5	II
III	1024,7—1033,3	1027,4—1039,7	1,0—1,9	0,2—0,6	III
IV	1017,1—1031,9	1019,0—1035,9			
V	1024,3—1030,4	1025,7—1033,0	≤ 0,6	< 0,1	IV
VI	1005,7—1026,3	1007,0—1028,8			

łączy sporadyczne występowanie wyżów o ciśnieniu ≥ 1030 hPa. Aby odpowiedzieć na postawione pytanie, przeprowadzono ponowną regionalizację, w której każdy punkt gridowy scharakteryzowany został przez dwie cechy: przynależność do danego regionu w podziale według kryterium 1030 hPa i 1035 hPa oraz kryterium 95 i 99 percentyla. Otrzymane wyniki wykazały, że dominującą cechą odróżniającą regiony jest liczba dni z ciśnieniem wyższym lub równym 1030 hPa i 1035 hPa, a granice wydzielonych regionów są bardzo zbliżone do regionów z regionalizacji według tego kryterium (ryc. 16). Z tego powodu oraz ze względu na omówione wcześniej podobieństwa zdecydowano, że do dalszych rozważań przyjęty zostanie podział według kryterium 1030 hPa i 1035 hPa. Natomiast charakterystyka występowania badanych układów wykorzystująca kryterium 95 i 99 percentyla powinna być stosowana w przypadku bardziej szczegółowych badań o charakterze regionalnym.

Ostatecznie region I, obejmujący prawie całą Grenlandię, postanowiono potraktować jako jeden obszar, pamiętając jednak, że najwyższe ciśnienie panuje w centralnych rejonach wyspy oraz w niewielkim obszarze jej południowej części. Ze względu na wartości ciśnienia oraz ich przebieg roczny, podobnie jak w przypadku regionu I, połączono region IIA i IIBE w jeden region IIAE, odzwierciedlający obszar najsilniejszego oddziaływania Wyżu Azjatyckiego. Jedynym regionem, do którego zaliczono dwa rozłączne obszary, jest region IIIA. Za podjęciem takiej decyzji przemawiało kilka powodów. Zarówno liczba silnych wyżów, jak i jej przebieg roczny były podobne w obu częściach omawianego regionu. Ponadto oba obszary były z sobą połączone w podziale na mniejszą liczbę grup w regionalizacji według kryterium 1030 hPa i 1035 hPa, natomiast w regionalizacji według kryterium 95 i 99 percentyla zawsze stanowiły jeden region. W rezultacie otrzymano podział na cztery regiony, spośród których w dwóch wyróżniono podregiony A i B (ryc. 19). Każdy z regionów, poza numeracją konsekwentnie przyjętą z wcześniejszych klasyfikacji, otrzymał nazwę nawiązującą do układu barycznego dominującego w danym obszarze lub do lokalizacji geograficznej: I — Region Grenlandzki, IIAE — Region Wyżu Azjatyckiego, IIAW — Region Wyżu Azorskiego, IIB — Region Europejski, IIIA — Region Islandzki, IIIB — Region Atlantycki, IV — Region Południowy (ryc. 19, zał. 1).



Ryc. 19. Regiony antycyklonalne w sektorze euroatlantyckim (1951—2010)

Fig. 19. Anticyclonic regions in the Euro-Atlantic sector (1951—2010)

4.3. Zmienność wieloletnia i roczny przebieg występowania silnych wyżów

Jedną z najważniejszych cech opisujących występowanie silnych układów antycyklonalnych jest ich liczba oraz zmiany częstości ich występowania. Dotyczy to zarówno ich zmienności wieloletniej, jak i przebiegu rocznego. W celu oceny tych zmian postanowiono zbadać częstość występowania dni, w których przynajmniej w jednym punkcie gridowym wyznaczonych regionów wartości ciśnienia były większe lub równe odpowiednio 1030 hPa i 1035 hPa. Podstawą takiego założenia były znaczne rozmiary i zwykle dość długi czas trwania rozpatrywanych układów barycznych. Ponadto bardzo rzadko niewielki obszar znajduje się pod wpływem więcej niż jednego wyjątkowo silnego układu wyżowego. W przypadku dużych regionów, o znacznej rozciągłości równoleżnikowej lub południkowej, możliwe jest występowanie dwóch (lub więcej) omawianych układów. Wtedy informacja o takiej sytuacji może zostać niejako „utracona”. Możliwe jest także, z tego samego powodu, że liczba rozpatrywanych dni będzie znacznie większa (np. w regionie IIB i IIIB) niż w mniejszych obszarach charakteryzujących się największą częstością występowania badanych układów i to układów najsilniejszych.

W trakcie analizy wieloletniej zmienności występowania silnych układów wysokiego ciśnienia przyjęto, że jako rok zostanie potraktowany okres od 1 lipca do 30 czerwca (np. od 1 lipca 1951 do 30 czerwca 1952). Takie założenie podyktowane było opisaną w poprzednich rozdziałach roczną zmiennością występowania rozpatrywanych układów, których częstość była największa w miesiącach zimowych, a najmniejsza w lecie.

W analizowanym wieloleciu liczba dni z silnymi i bardzo silnymi wyżami dość znacznie się zmieniała, w zależności od rozpatrywanego okresu, pory roku oraz regionu. Duże znaczenie miało nie tylko położenie regionu, a co za tym idzie — podle-

Tabela 8. Wybrane charakterystyki liczby dni z silnymi (≥ 1030 hPa) i bardzo silnymi (≥ 1035 hPa) wyżami w regionach antycyklonalnych w latach 1951—2010

Table 8. Selected characteristics of the number of days with strong (≥ 1030 hPa) and very strong (≥ 1035 hPa) highs in anticyclonic regions in the period 1951—2010

Wartość / Values	Liczba dni z ciśnieniem ≥ 1030 hPa / Number of days with pressure ≥ 1030 hPa			Liczba dni z ciśnieniem ≥ 1035 hPa / Number of days with pressure ≥ 1035 hPa		
	Rok / Year*	X—III	IV—IX	Rok / Year*	X—III	IV—IX
Region Grenlandzki (I)						
Min.	54	40	13	23	19	5
Śr.	121,2	92,9	28,5	77,6	64,2	13,6
Max	168	132	46	124	104	34
Region Wyżu Azjatyckiego (IIAE)						
Min.	73	70	0	28	28	0
Śr.	108,5	97,1	11,4	60,9	57,5	3,4
Max	142	127	22	96	93	10
Region Wyżu Azorskiego (IIAW)						
Min.	47	21	17	5	4	0
Śr.	91,2	55,0	35,8	21,7	18,3	3,3
Max	130	90	57	54	51	11
Region Europejski (IIb)						
Min.	161	105	33	51	39	0
Śr.	196,1	140,0	55,6	85,2	76,2	8,9
Max	231	164	77	120	99	24
Region Islandzki (IIIA)						
Min.	5	3	0	0	0	0
Śr.	31,9	19,7	12,2	9,2	6,7	2,4
Max	72	53	28	24	21	11
Region Atlantycki (IIIB)						
Min.	151	103	40	34	31	2
Śr.	200,1	137,8	61,9	79,2	65,7	13,5
Max	232	159	79	113	90	32
Region Południowy (IV)						
Min.	6	2	0	0	0	0
Śr.	45,8	42,5	3,3	6,0	5,9	0,0
Max	79	70	13	22	22	1

* Rok określony od 1 lipca do 30 czerwca, np.: od 1 lipca 1951 do 30 czerwca 1952 r. / year as a period from 1st July to 30th June e.g.: from 1 July 1951 to 30 June 1952;

Wartość / Values: Min. — minimalna / minimum, Śr. — średnia / average, Max — maksymalna / maximum.

ganie wpływom najbardziej charakterystycznych (stacjonarnych lub *quasi*-stacjonarnych) ośrodków barycznych, ale również jego rozmiary. Zależność tę można zauważyć, jeżeli porównamy obszar Grenlandii (region I), nad którym badane wyże występują dość często i należą do jednych z najsilniejszych, z Regionem Atlantyckim (IIIB) czy Europejskim (IIB). W pierwszym z nich średnia liczba dni z silnymi wyżami wynosiła 121,2 dnia, w drugim 200,1 dnia, a w ostatnim — 196,1 dnia.

Najmniej silnych wyżów notowano w centralnych częściach Regionu Islandzkiego (IIIA — 31,9 dnia), który charakteryzuje się silną działalnością cyklonalną. Niewiele więcej silnych wyżów (45,8 dnia) występowało na południu badanego obszaru, w Regionie Południowym (region IV), a w pozostałych regionach liczba ta wahała się w granicach 91,2—142,6 dni (tabela 8). W przypadku bardzo silnych wyżów dysproporcje między regionami nie są już takie duże. Oczywiście, bardzo niewiele takich układów występuje w regionie IV (6,0 dnia) oraz IIIA (9,2 dnia), jednak w pozostałych regionach liczba ta waha się średnio od 77,6 w Regionie Grenlandzkim (I) do 87,2 w Regionie Wyżu Azjatyckiego (IIAE). Na tym tle wyróżnia się region IIaw (Wyżu Azorskiego), w którym liczba dni z bardzo silnymi wyżami wynosi tylko 21,7 (tabela 8).

Jeżeli przyjrzymy się procentowemu udziałowi bardzo silnych wyżów w dniach z ciśnieniem ≥ 1030 hPa, to zauważymy, że w regionach pozostających pod wpływem Wyżu Grenlandzkiego i Azjatyckiego przekracza on 50% (64,0% — I i 57,9% — IIAE). W pozostałych regionach wartość ta jest wyraźnie niższa i wynosi od 13,0% w Regionie Południowym (IV) do 43,5% w Regionie Europejskim (IIB). Najbardziej charakterystyczna jest liczba bardzo silnych wyżów w rejonie oddziaływania Wyżu Azorskiego (wspomniany wcześniej region IIaw). Okazuje się bowiem, że wynosi ona zaledwie 23,8% wszystkich dni z ciśnieniem ≥ 1030 hPa, co oznacza, że mimo swoich niejednokrotnie bardzo dużych rozmiarów, Wyż Azorski jest o wiele słabszy niż Grenlandzki czy Azjatycki.

Tabela 9. Udział [%] liczby dni z ciśnieniem ≥ 1030 hPa i ≥ 1035 hPa występujących w chłodnej (X—III) i ciepłej (IV—IX) połowie roku w ogólnej liczbie dni z silnymi i bardzo silnymi wyżami w regionach antycyklonalnych w latach 1951—2010

Table 9. The share [%] of the number of days with an air pressure ≥ 1030 hPa and ≥ 1035 hPa in the cool (Oct.—Mar.) and warm (Apr.—Sep.) halves of the year in relation to the overall number of days with strong and very strong highs in anticyclonic regions in the period 1951—2010

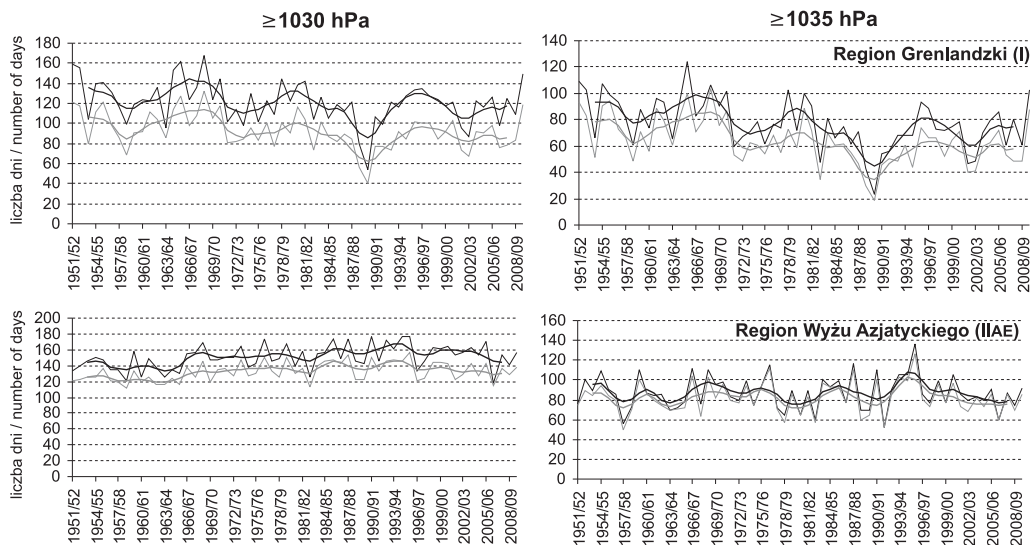
Region	Udział liczby dni z ciśnieniem / Share of number of days with pressure ≥ 1030 hPa [%]		Udział liczby dni z ciśnieniem / Share of number of days with pressure ≥ 1035 hPa [%]	
	X—III	IV—IX	X—III	IV—IX
Grenlandzki (I)	76,7	23,3	82,7	17,3
Wyżu Azjatyckiego (IIAE)	88,1	11,9	94,2	5,8
Wyżu Azorskiego (IIaw)	60,3	39,7	84,6	15,4
Europejski (IIB)	71,4	28,6	89,4	10,6
Islandzki (IIIA)	61,6	38,4	73,6	26,4
Atlantycki (IIIB)	68,9	31,1	82,9	17,1
Południowy (IV)	92,8	7,2	99,7	0,3

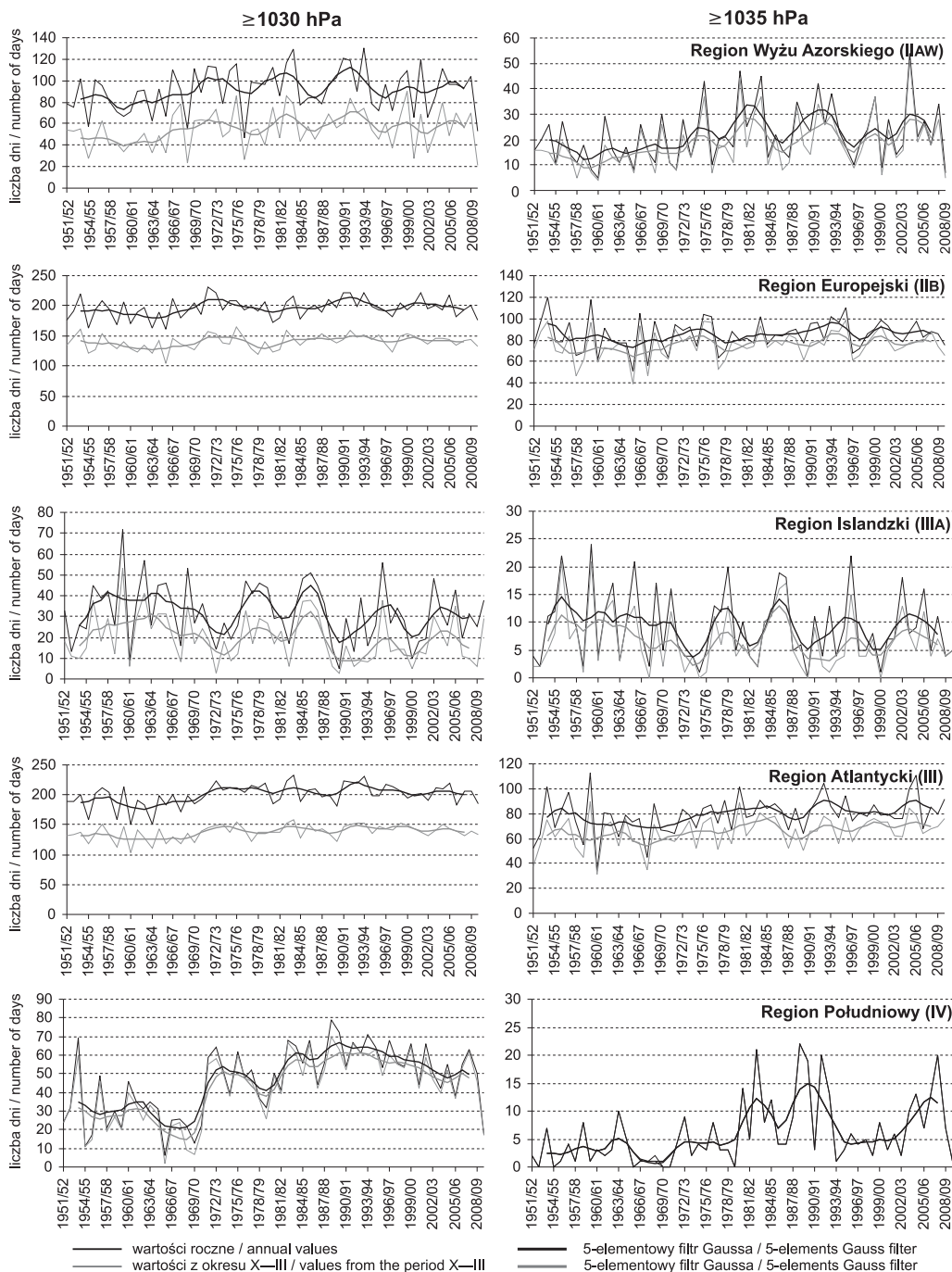
Częstość występowania badanych układów barycznych zmieniała się także w zależności od pory roku. W sezonie chłodnym liczba analizowanych dni z ciśnieniem ≥ 1030 hPa stanowiła 60,3—92,8% wszystkich dni z ciśnieniem ≥ 1030 hPa (liczonym od lipca do czerwca), (tabela 9). W półroczu ciepłym najwięcej wyjątkowo silnych wyżów notowano w regionie II_{AW} (39,7%) oraz w Regionie Islandzkim i Atlantyckim (III_A — 38,4% i III_B — 31,1%). W pierwszym przypadku jest to wynikiem letniego przesunięcia się wyżów podzwrotnikowych ku biegunom. Natomiast większa częstość występowania wyżów na północnym Atlantyku związana jest z ich rocznym maksimum występowania przypadającym na wiosnę. W półroczu ciepłym najmniej silnych wyżów notuje się w regionie IV, w którym prawie wszystkie analizowane wyże występowały w chłodnej połowie roku (92,8%). W przypadku najsilniejszych układów barycznych (≥ 1035 hPa) ogromna większość z nich występowała w chłodnych miesiącach roku, stanowiąc od 73,6% w regionie III_A do 99,7% w Regionie Południowym (IV).

4.3.1. Silne wyże występujące w chłodnej połowie roku (X—III)

Opisana wcześniej liczba dni z rozpatrywanymi układami barycznymi podlegała również wyraźnym zmianom w czasie, często odmiennym w zależności od pory roku.

W **Regionie Grenlandzkim (I)** średnia roczna liczba dni z silnymi wyżami wynosiła 121,2 i wahała się od 54 dni w 1989/1990 do 168 w 1968/1969 r. Większość opisywanych dni wystąpiła w półroczu chłodnym (X—III). Ich udział zmieniał się od 61,2% (1992/1993) do 91,0% (1961/1962) i zwykle był zbliżony do 70—80%. W wyniku tego wieloletnie zmiany liczby dni z silnymi wyżami w obu tych okre-





Ryc. 20. Liczba dni z silnymi (≥ 1030 hPa) i bardzo silnymi (≥ 1035 hPa) wyżami w regionach antycyklonalnych w latach 1951—2010 — wartości roczne i półrocza chłodnego (X—III)

Fig. 20. Number of days with strong (≥ 1030 hPa) and very strong (≥ 1035 hPa) highs in anticyclonic regions in the period 1951—2010: Cool half of the year — annual and Oct.—Mar. values

sach są bardzo podobne (współczynnik korelacji 0,92), a najwięcej (132) oraz najmniej badanych dni (40) wystąpiło w tych samych latach, co w przypadku wartości rocznych (ryc. 20). Analizując zmiany liczby dni z silnymi wyżami w okresie 1951—2010, zauważa się spadek ich liczby o 4,29 dnia na 10 lat (istotny statystycznie na poziomie 0,05). W przypadku półroczia chłodnego wyniósł on nawet nieco więcej, bo 4,35 dnia na 10 lat (tabela 10). Warto odnotować fakt, że spadek ten zachodził dość stopniowo. Najwięcej dni z ciśnieniem ≥ 1030 hPa notowano w pierwszych dwudziestu latach badanego wielolecia, w których średnia roczna liczba tych dni wynosiła około 132, a w półroczu chłodnym 104. Przy czym najczęściej badane wyże występowały na przełomie lat 60. i 70. W kolejnych czterdziestu latach liczba dni z silnymi wyżami utrzymywała się na podobnym poziomie, a średnia jej wartość wynosiła odpowiednio około 115 i 87 dni (ryc. 20).

Tabela 10. Tendencja zmian liczby dni z silnymi (≥ 1030 hPa) i bardzo silnymi (≥ 1035 hPa) wyżami w regionach antycyklonalnych w latach 1951—2010

Table 10. Trend of change in the number of days with strong (≥ 1030 hPa) and very strong (≥ 1035 hPa) highs in anticyclonic regions in the period 1951—2010

Region	Wartość tendencji — dni z ciśnieniem ≥ 1030 hPa [liczba dni / 10 lat] / Tendency value — days with pressure ≥ 1030 hPa [number of days / 10 years]			Wartość tendencji — dni z ciśnieniem ≥ 1035 hPa [liczba dni / 10 lat] / Tendency value — days with pressure ≥ 1035 hPa [number of days / 10 years]		
	Rok / Year*	X—III	IV—IX	Rok / Year*	X—III	IV—IX
I	-4,29	-4,35	-0,21	-5,27	-5,17	-0,30
IIAE	3,38	2,62	0,75	-0,24	-0,08	-0,12
IIAW	2,90	2,96	0,20	2,16	2,25	-0,01
IIC	2,54	1,78	0,94	1,01	1,34	-0,17
IIIA	-1,31	-1,58	0,30	-0,35	-0,33	0,00
IIIB	4,24	2,85	1,46	2,55	2,24	0,34
IV	6,33	6,32	0,06	1,48	1,49	—

* Rok liczony od lipca do czerwca, np.: od lipca 1951 do czerwca 1952 r. / year as a period from July to June e.g.: from 1 July 1951 to 30 June 1952;
4,24 — wartość istotna statystycznie na poziomie $p < 0,05$ / value statistically significant at $p < 0,05$.

W przeciwieństwie do regionu I, w **regionie II** zauważa się niewielki wzrost częstości występowania silnych wyżów, chociaż jedynie w Regionie Wyżu Azjatyckiego (IIAE) jest on istotny statystycznie ($p < 0,05$) i wynosi 3,38 dnia na 10 lat w ciągu roku oraz 2,62 w sezonie chłodnym (tabela 10, ryc. 20). W regionie tym największa liczba silnych wyżów przypadała w latach 90., w których odnotowano aż 177 dni w latach 1990/1991, 1994/1995 i 1995/1996 i 156 w chłodnym półroczu 1995/1996 r. Najmniej takich wyżów notowano odpowiednio w latach 2006/2007 — 118 i 1958/1959 — 111, a średnie wartości wynosiły 150,6 dnia oraz 132,5 dnia. Porównując pojawianie się okresów występowania największej liczby badanych układów barycznych, zauważamy, że są one nieco przesunięte w stosunku do analogicznych okresów w Regionie Grenlandzkim (I). Jest to efekt większego wpływu wyżów występujących na peryferiach tego regionu i bardziej przypomina wieloletnią zmienność liczby silnych wyżów charakterystycznych dla Regionu Europejskiego (IIb). Gdybyśmy wzięli pod uwagę jedynie centrum tego obszaru (region IIA w podziale

według kryterium 1030 hPa i 1035 hPa; ryc. 16), zauważylibyśmy, że przebieg ten jest bardziej zbliżony do regionu I. Podobnie jak w Regionie Grenlandzkim (I), silne wyże najczęściej występowały na przełomie lat 60. i 70. oraz w drugiej połowie lat 90., w których zanotowano największą liczbę analizowanych dni zarówno w roku, jak i sezonie chłodnym (odpowiednio 142 i 127 dni w 1976/1977 r.). Nieco rzadziej silne wyże występowały od końca lat 80. W 2006/2007 r. zanotowano ich najmniej — 73 dni, natomiast w półroczu chłodnym zaledwie 70 takich dni wystąpiło w 2001/2002 r. W rezultacie średnia roczna liczba silnych wyżów w tym regionie wyniosła 108,5 dnia, a od października do marca 97,1. Takie podobieństwo między opisywanymi regionami zauważa się także, rozpatrując typy rozkładu ciśnienia w dniach z silnymi i bardzo silnymi wyżami (rozdział 5.), bardzo często bowiem pojawieniu się silnego Wyżu Grenlandzkiego towarzyszy silny wyż nad Azją, co ma związek z intensywnym wychładzaniem się powierzchni lądowych w chłodnej połowie roku.

Wieloletnie zmiany liczby silnych układów antycyklonalnych w obszarze częstego wpływu Wyżu Azorskiego (region II_{AW}) znacznie się różnią od tych, jakie zachodziły w regionie I i II_{AE}. Średnia liczba występujących w tym regionie wyżów była znacznie niższa niż w poprzednio opisywanych obszarach i wynosiła 91,2 dnia w roku oraz 55,0 w półroczu chłodnym (tabela 8). W regionie II_{AW} od początku rozpatrywanego okresu zauważa się niewielki wzrost częstości występowania badanych dni, chociaż najwięcej dni z silnymi wyżami występowało w latach 1970—2000. W 1993/1994 r. wystąpiło aż 130 takich dni, chociaż rozpatrując tylko półrocze chłodne (X—III), było to zaledwie 90 i odnotowano je w sezonie 1990/1991. Mimo zwiększonej częstości występowania silnych wyżów w latach 70., najmniejszą ich liczbę roczną zanotowano w 1976/1977 r. (47 dni), natomiast uwzględniając tylko półrocze chłodne, wieloletnie minimum silnych wyżów przypadło w sezonie 2009/2010 (21 dni) (ryc. 20). Warto zwrócić uwagę na ostatnią dekadę badanego wielolecia, w której zarówno w analizowanym regionie, jak i w innych obszarach (poza Regionem Grenlandzkim) można dostrzec sygnały spadku liczby dni z ciśnieniem ≥ 1030 hPa.

Regiony Wyżu Azorskiego i Azjatyckiego (II_{AW} i II_{AE}) położone są w obrębie Regionu Europejskiego (II_B). Z uwagi na swoją wielkość region ten odznacza się największą liczbą dni z silnymi wyżami wśród regionów oznaczonych jako II. W regionie tym zauważa się również wspólne cechy zmian częstości występowania dni z ciśnieniem ≥ 1030 hPa z tymi, jakie zachodziły w regionie II_{AE}, a szczególnie w regionie II_{AW} (współczynniki korelacji istotne statystycznie na poziomie 0,05 wynosiły odpowiednio 0,33 i 0,66). Z tego też względu liczba badanych układów nie wykazywała charakterystycznych zmian w wieloleciu i wahała się w granicach 161—231 dni w roku (średnio 196,1) oraz 105—164 dni (średnio 140,0) w półroczu chłodnym (tabela 8, ryc. 20). Jednak w większości przypadków liczba dni nieznacznie różniła się od wartości średnich, a 50% z nich należało do przedziału 189—207 dni dla wartości rocznych oraz 134—146 dni w półroczu chłodnym.

Należy także zwrócić uwagę na udział liczby dni z silnymi wyżami występującymi od października do marca w ich liczbie rocznej. W Regionie Wyżu Azja-

tyckiego (IIAE) udział ten średnio sięgał prawie 90%, nigdy nie był niższy niż 79%, a nawet zdarzały się przypadki, w których przekroczył 95% (w latach 1986/1987 i 2006/2007). W Regionie Europejskim (IIB) wyżej chłodnej połowy roku stanowiły nieco mniejszy procent liczby rocznej (średnio około 71%), jednak ich udział zawsze był wyższy niż 60%. Na tym tle wyróżnia się Region Wyżu Azorskiego (IIAW), w którym średnio 60,3% dni z silnymi wyżami w ciągu roku stanowiły te występujące w półroczu chłodnym. Przy czym aż w 45 latach stanowiły mniej niż 68%, a w 15 — mniej niż 50%.

Kolejne z analizowanych **regionów: III i IV**, to obszary charakteryzujące się najmniejszą częstością występowania wyjątkowo silnych wyżów (od pojedynczych przypadków w Regionie Południowym (IV) do około 2 dni z ciśnieniem ≥ 1030 hPa oraz mniej niż 1 dniem z ciśnieniem ≥ 1035 hPa w ciągu miesiąca w Regionie Islandzkim i Atlantyckim (III)). Z tego powodu zarówno w Regionie Islandzkim (IIIA), który jest obszarem częstej cyklogenezy, jak i w Regionie Południowym (IV) liczba dni z silnymi wyżami była stosunkowo niewielka. Średnio w roku wynosiła 31,9 dnia w regionie IIIA i 45,8 dnia w regionie IV. Natomiast w półroczu chłodnym było to jedynie 19,7 oraz 42,5 dnia (tabela 8). W obu regionach pojawiały się lata z wyjątkowo małą liczbą dni z ciśnieniem ≥ 1030 hPa (2—6 w zależności od pory roku i regionu), a największa liczba dni z silnymi wyżami nie przekraczała 80. W Regionie Atlantyckim (IIIB) liczba badanych dni była najwyższa ze wszystkich regionów, jednak było to wynikiem wielkości regionu i częstości występowania silnych wyżów. W ciągu roku wahała się ona w granicach 151—232 dni, przy średniej 200,1 dnia, a w półroczu chłodnym liczba dni z silnymi wyżami (średnio 137,8 dnia) była podobna do rocznych wartości z Regionu Grenlandzkiego (I) czy Wyżu Azjatyckiego (IIAE), (tabela 8).

W każdym z wymienionych regionów (Islandzkim, Atlantyckim i Południowym) wieloletnie zmiany liczby dni z ciśnieniem ≥ 1030 hPa przebiegały inaczej (ryc. 20). W Regionie Islandzkim (IIIA) można zauważyć niewielki i systematyczny ich spadek od początku badanego wielolecia, chociaż nie jest on istotny statystycznie. Największą częstością pojawiania się opisywanych układów charakteryzowały się lata 1955—1970, odznaczające się również najbardziej wyrównaną liczbą badanych dni w roku. W kolejnych latach dość regularnie występowały pięcio-, siedmioletnie okresy zwiększonej liczby dni z silnymi wyżami, a udział silnych wyżów półroczu chłodnego w rocznej ich liczbie był nieco mniejszy (rzadko przekraczając 70%) niż w pierwszych dwudziestu latach analizowanego wielolecia (ryc. 20).

W przeciwieństwie do Regionu Islandzkiego, w Regionie Atlantyckim (IIIB) i Południowym (IV) wystąpił wyraźny i istotny statystycznie wzrost liczby dni z silnymi wyżami. W pierwszym z nich wyniósł on 4,24 dnia na 10 lat w przypadku wartości rocznych i 2,85 dnia w półroczu chłodnym (tabela 10). W regionie IV wartości te wynoszą odpowiednio 6,33 i 6,32 dnia na 10 lat. W obu regionach zauważa się również znacznie niższą liczbę rozpatrywanych dni przed 1970 r. (ryc. 20). W kolejnych latach nastąpił znaczny wzrost częstości występowania silnych wyżów, niewielkie jej zmiany z roku na rok oraz spadek w ostatniej dekadzie badanego wielolecia. Mimo tych podobieństw, Region Południowy (IV) różni się od Regionu

Atlantyckiego (IIIb) o wiele większą zmiennością liczby badanych dni (współczynnik zmienności około 40%, podczas gdy w regionie IIIb — około 9%) oraz tym, że prawie wszystkie wyże występowały w półroczu chłodnym (średnio 92,8%, a jedynie w 15 latach udział ten był niższy niż 88%). Wyróżniają go także bardzo charakterystyczne zmiany liczby silnych wyżów. Najbardziej widoczną cechą jest wyraźny wzrost liczby badanych układów w latach 70. Od tego momentu liczba silnych wyżów, mimo pewnych fluktuacji, utrzymuje się na podobnym, wysokim poziomie około 50 przypadków rocznie.

4.3.2. Bardzo silne wyże występujące w chłodnej połowie roku (X—III)

Wieloletnie zmiany występowania bardzo silnych wyżów (z ciśnieniem w centrum układu ≥ 1035 hPa) w znacznym stopniu pokrywają się ze zmianami liczby dni z ciśnieniem ≥ 1030 hPa (ryc. 20). Największe podobieństwa widoczne są w Regionie Grenlandzkim (I) oraz w centrum Regionu Wyżu Azjatyckiego (wcześniejszy region IIbE — ryc. 16), charakteryzujących się występowaniem najsilniejszych układów barycznych, a także w obszarze częstej cyklogenezy (Region Islandzki IIIa). W regionach tych współczynniki korelacji zmian liczby dni silnych i bardzo silnych wyżów wynoszą 0,81—0,85 ($p < 0,01$). Niewiele większe różnice można zauważyć w pozostałych regionach, będących pod wpływem najważniejszych ośrodków sterowania atmosfery, czyli w Regionie Wyżu Azjatyckiego i Azorskiego (IIaE i IIaW — współczynniki korelacji wynoszą odpowiednio 0,69 i 0,70; $p < 0,01$). Natomiast większe różnice cechują oba największe regiony: Europejski i Atlantycki (IIb i IIIb — współczynniki korelacji wynoszą tu 0,49 i 0,47; $p < 0,01$), oraz Region Południowy (IV — 0,60; $p < 0,01$). W pierwszym przypadku różnice wieloletnich zmian liczby silnych i bardzo silnych wyżów związane są z zasięgiem wymienionych regionów. W ich skład wchodzi obszary o różnych cechach cyrkulacji atmosfery i odmiennych jej zmianach w ciągu roku. Z kolei w przypadku regionu IV przyczyną omawianych różnic są ogólnie niższe wartości ciśnienia w tych szerokościach geograficznych oraz fakt, że układy baryczne o ciśnieniu wyższym lub równym 1035 hPa występują tam sporadycznie i jedynie w półroczu chłodnym.

Opisywane podobieństwa i różnice są w znacznej mierze związane właśnie z wielkością udziału liczby dni z bardzo silnymi wyżami w liczbie dni z ciśnieniem ≥ 1030 hPa. W Regionie Grenlandzkim i Wyżu Azjatyckiego (I i IIaE) wynosił on średnio odpowiednio około 58% i 63% rocznej liczby dni z silnymi wyżami oraz 62% i 68% w półroczu chłodnym. W pozostałych regionach udział ten był z reguły niższy niż 50%. W Regionach Europejskim (IIb) i Atlantyckim (IIIb) wahał się średnio w granicach 39—54%, natomiast w Regionach Wyżu Azorskiego (IIaW) i Atlantyckim (IIIa) — 23—32%. W Regionie Południowym (IV) średnio wynosił jedynie 12% i poza 1969 r., w którym w maju odnotowano jeden dzień z ciśnieniem ≥ 1035 hPa, wszystkie bardzo silne wyże wystąpiły w półroczu chłodnym (X—III).

Również tendencje wieloletnich zmian liczby dni z bardzo silnymi wyżami są podobne do zmian liczby silnych wyżów. W czterech przypadkach zauważa się wzrost liczby rozpatrywanych dni, w tym w trzech regionach jest on istotny statystycznie ($p < 0,05$; tabela 10). W Regionie Wyżu Azorskiego (IIAw) wynosił on 2,16 dnia na 10 lat dla wartości rocznych oraz 2,25 dnia w półroczu chłodnym, w Regionie Atlantyckim (IIIB) odpowiednio 2,55 i 2,24 dnia na 10 lat oraz w Regionie Południowym (IV) 1,48 i 1,49 dnia na 10 lat (tabela 10). Natomiast w Regionie Grenlandzkim (I) i Wyżu Azjatyckiego (IIAE), podobnie jak w przypadku silnych wyżów, nastąpił spadek liczby najsilniejszych układów wyżowych, który w pierwszym z regionów wyniósł 5,27 dnia na 10 lat dla wartości rocznych oraz 5,17 dla wartości półroczu chłodnego. W regionie IIAE był on bardzo niewielki, chociaż istotny statystycznie ($p < 0,05$) i wynosił odpowiednio 0,24 i 0,08 dnia na 10 lat. W pozostałych regionach analizowane zmiany były raczej nieznaczne i nieistotne statystycznie (tabela 10). Wśród opisywanych zmian najbardziej charakterystyczna i najbardziej różniąca się od zmian liczby silnych wyżów jest wieloletnia zmienność występowania bardzo silnych układów wysokiego ciśnienia (o ciśnieniu ≥ 1035 hPa) w Regionie Południowym (IV). Wzrost ich liczby rozpoczął się około dekady później niż silnych wyżów (o ciśnieniu ≥ 1030 hPa). Przez następne 15—20 lat ich liczba się podwoiła, aby pod koniec lat 90. powrócić do poprzednich wartości. Dopiero na początku XXI w. częstość występowania tego rodzaju układów barycznych ponownie wzrosła. Jednak, podobnie jak w Regionie Wyżu Azorskiego, w ostatnich dwóch latach badanego wielolecia nastąpił bardzo znaczący spadek ich liczby.

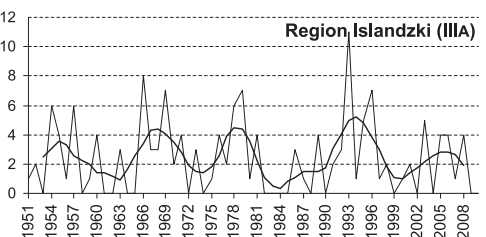
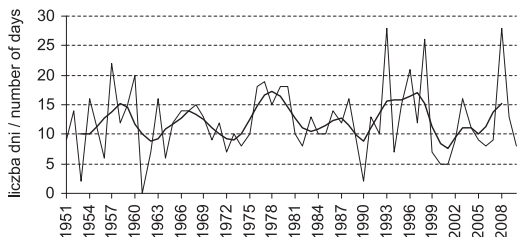
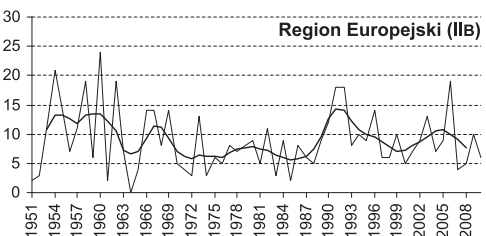
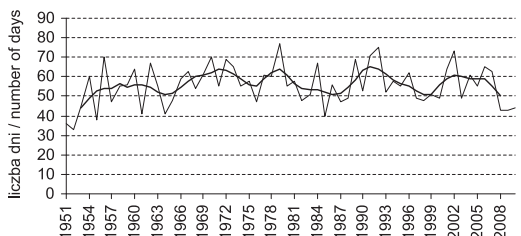
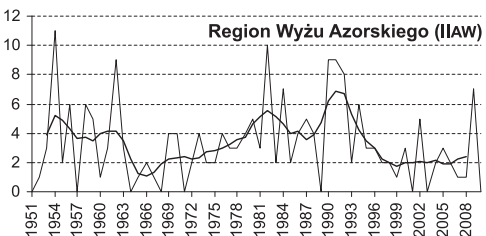
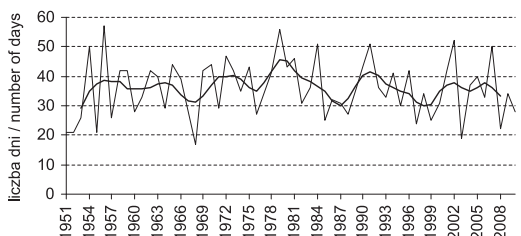
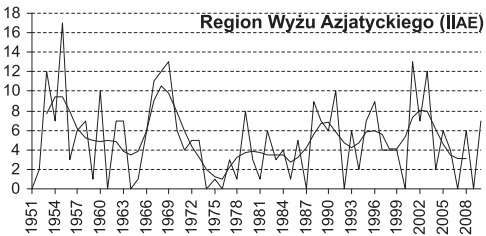
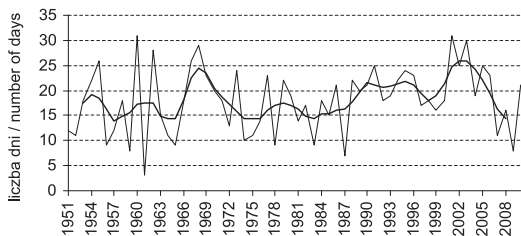
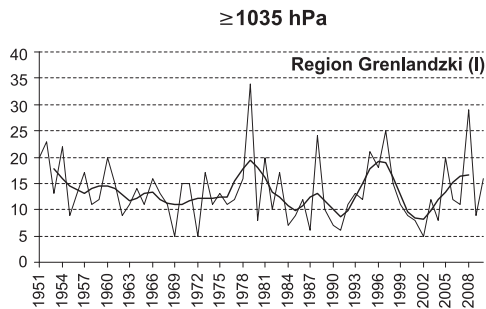
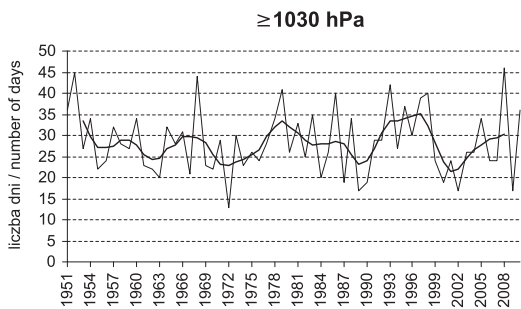
4.3.3. Silne i bardzo silne wyże występujące w ciepłej połowie roku (IV—IX)

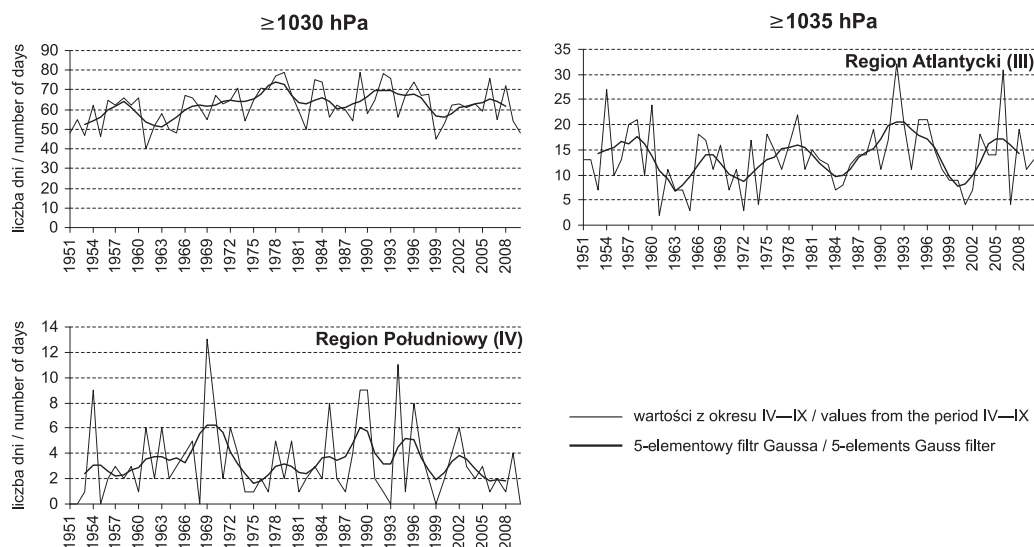
W ciepłej połowie roku liczba silnych i bardzo silnych wyżów jest zwykle kilkakrotnie mniejsza niż w sezonie chłodnym (tabela 8). Oczywiście, ze względu na zasięg najwięcej badanych układów wyżowych o ciśnieniu ≥ 1030 hPa występowało w Regionie Europejskim (IIB) — średnio 55,6 dni i Atlantyckim (IIIB) — średnio 61,9 dnia. W poszczególnych latach wartości te wahały się odpowiednio w granicach 33—77 dni oraz 40—79 dni. W przypadku bardzo silnych wyżów rozpatrywana liczba dni była jeszcze niższa i w regionie IIB średnio wynosiła 8,9 dnia (0—24 w poszczególnych latach), natomiast w regionie IIIB 13,5 dnia (2—32 dni). Spośród pozostałych regionów wyróżniał się Region Grenlandzki (I), w którym występowała druga pod względem wielkości liczba dni z silnymi wyżami (średnio 28,5 dnia) oraz największa liczba dni z ciśnieniem ≥ 1035 hPa (średnio 13,6 dnia). Z kolei najmniej analizowanych układów barycznych (średnio 3,3 dnia) notowano w Regionie Południowym (IV), w którym zaledwie w 15 latach wystąpiło 5 lub więcej silnych wyżów, tylko dwa razy ponad 9, a w 1969 r. — 13. Jak już wcześniej wspomniano, w regionie tym tylko raz odnotowano wystąpienie bardzo silnego układu wyżowego

i wydarzyło się to 19 maja 1969 r., kiedy w obszarze oddziaływania Wyżu Azorskiego ciśnienie nieco przekroczyło 1035 hPa. W Regionie Wyżu Azjatyckiego (IIAE) i Regionie Islandzkim (IIIA) średnia liczba dni z silnymi wyżami wynosiła odpowiednio 11,4 i 12,2 dnia, chociaż zdarzały się lata, w których notowano ich nawet 30. Natomiast bardzo silne wyże w tej porze roku spotykane są dość rzadko. W przypadku pierwszego z regionów w cieplej połowie roku średnio notuje się około 3,4 dnia z takimi układami, w drugim natomiast tylko 2,4 dnia. W obszarach tych często występowały lata, w których w ogóle nie notowano tak silnych układów barycznych, a największa liczba dni z silnymi wyżami nie przekroczyła 15 w sezonie. Na tym tle najbardziej wyróżnia się Region Wyżu Azorskiego (IIAW), w którym średnia liczba dni z ciśnieniem ≥ 1035 hPa wynosiła aż 35,8 dnia, w dziewięciu latach wystąpiło ponad 45 takich dni, a w 1956 r. — nawet 57 (tabela 8).

Analizując wieloletnią zmienność liczby dni z wyjątkowo silnymi wyżami, nie stwierdzono żadnych wyraźnych tendencji zmian (ryc. 21). Co prawda w przypadku liczby dni z silnymi wyżami (poza regionem I) zauważa się bardzo niewielki ich wzrost, a bardzo silne wyże pojawiały się nieco rzadziej niż na początku badanego wielolecia (poza regionem II), ale nie są to zmiany istotne statystycznie (tabela 10). Z reguły we wszystkich regionach dość regularnie następowały kilkuletnie okresy zwiększonej liczby rozpatrywanych układów barycznych i bardzo trudno jest wskazać dłuższe oraz wyróżniające się wielolecie. Łatwo także zauważyć, że w wielu regionach zmiany liczby opisywanych dni są bardzo podobne. Dotyczy to przede wszystkim regionu podobieństw między regionami III (Islandzkiego i Atlantycznego) a Grenlandzkim (I) oraz Europejskim (IIB) a Wyżu Azorskiego (IIAW). Współczynniki korelacji ich zmian wieloletnich dla ciśnienia ≥ 1030 hPa wahają się w granicach około 0,22—0,56 w pierwszym przypadku i wynoszą 0,70 w drugim ($p < 0,05$ i 0,01). Dla zmian liczby układów o ciśnieniu ≥ 1035 hPa są nieco niższe i, rozpatrując wymienione wcześniej przypadki, wynoszą odpowiednio 0,36—0,39 oraz 0,43 ($p < 0,05$ i 0,01).

Porównując z sobą zmiany liczby dni z silnymi wyżami występującymi w poszczególnych regionach, możemy zauważyć, że mimo mniej lub bardziej synchronicznie zachodzących fluktuacji liczba dni z ciśnieniem ≥ 1030 hPa utrzymuje się na podobnym poziomie przez całe wielolecie (ryc. 21). Badając występowanie bardzo silnych wyżów, stwierdzono, że ich zmiany wieloletnie są najbardziej wyraźne w regionie I i II. We wszystkich regionach tego obszaru zauważalna jest zwiększona liczba występowania najsilniejszych układów wysokiego ciśnienia, odnotowana w pierwszej dekadzie rozpatrywanego okresu (1951—1960). W Regionie Grenlandzkim (I) ponownie więcej bardzo silnych wyżów występowało na przełomie lat 70. i 80. (aż 34 w 1979 r.), a następnie w drugiej połowie lat 90. i pierwszej dekadzie XXI w. (25 w 1997 r. i 29 w 2008 r.). W przypadku Regionu Europejskiego (IIB) zaznacza się duże podobieństwo występowania silnych wyżów do układów występujących w Regionie Wyżu Azorskiego (IIAW). Przejawia się to przede wszystkim w większej ich liczbie w latach 60., początku lat 90. i pierwszych latach XXI w. Natomiast w Regionie Wyżu Azjatyckiego (IIAE) bardzo charakterystyczna jest zwiększona liczba najsilniejszych wyżów, występująca od końca lat 70. do połowy lat 90. (średnio 4,9 dnia rocznie, przy średniej wieloletniej 3,3 dnia).





Ryc. 21. Liczba dni z silnymi (≥ 1030 hPa) i bardzo silnymi (≥ 1035 hPa) wyżami w regionach antycyklonalnych w latach 1951—2010 — wartości półroczia ciepłego (IV—IX)

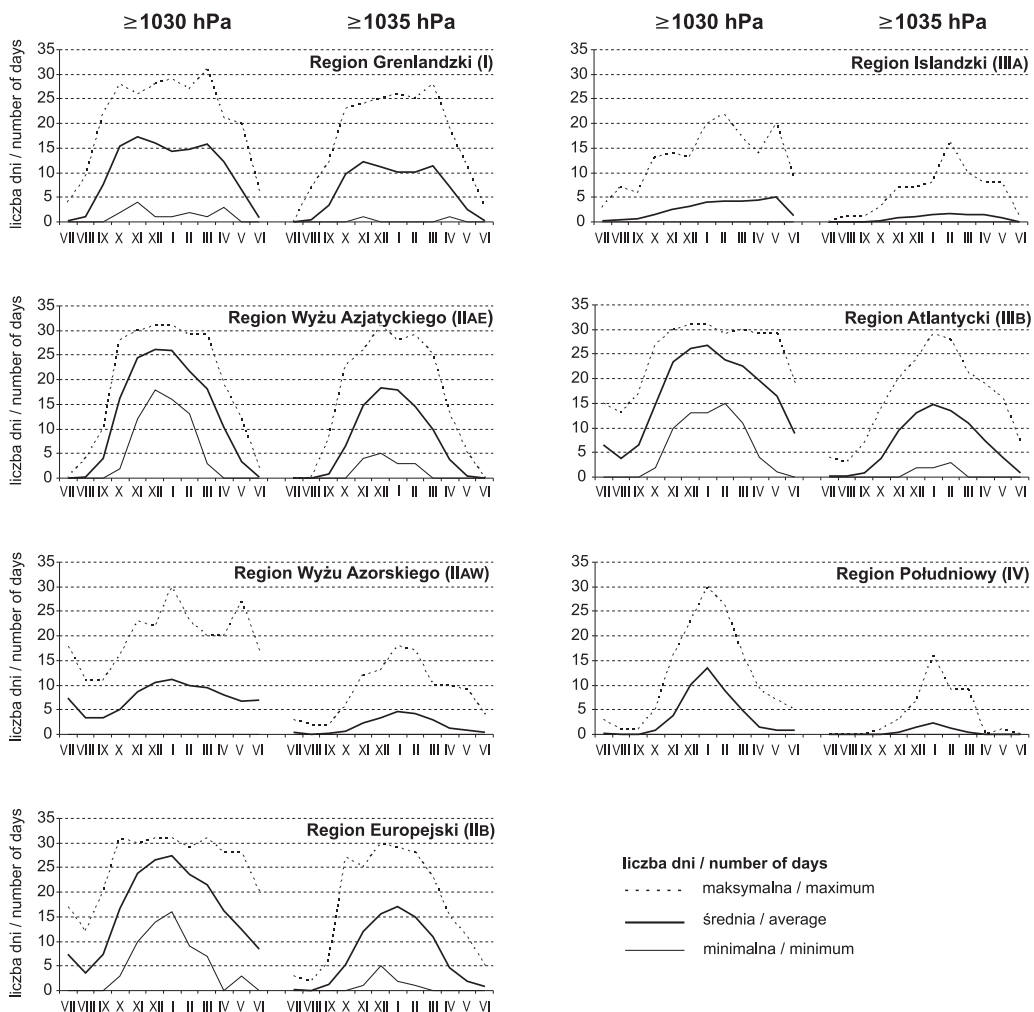
Fig. 21. Number of days with strong (≥ 1030 hPa) and very strong (≥ 1035 hPa) highs in anticyclonic regions in the period 1951—2010: Warm half of the year — Apr.—Sep. values

W Regionie Grenlandzkim, Wyżu Azjatyckiego i Azorskiego notuje się najwięcej najsilniejszych układów wyżowych. W pierwszym z nich (I) stanowią średnio 46,9% wszystkich dni z silnymi wyżami (w 1979 r. nawet 82,9%), w Regionie Wyżu Azjatyckiego (II_{AE}) 25,6%, a Wyżu Azorskiego (II_{AW}) tylko 8,8% (w pojedynczych latach osiągając odpowiednio do około 56% i 32%). W pozostałych regionach liczba bardzo silnych układów wyżowych stanowi 18,1—21,3% dni z silnymi wyżami, rzadko przekraczając 40% w poszczególnych latach.

Analizując opisane zmiany liczby dni z silnymi i bardzo silnymi wyżami, należy jednak pamiętać o pewnych wątpliwościach co do jakości danych pochodzących z pierwszych dekad rozpatrywanego wielolecia. Uwaga ta dotyczy głównie obszarów położonych na północ od 60°N oraz w południowej części sektora euroatlantyckiego, czyli właśnie regionów, w których odnotowane zmiany są największe. Warto jednak zauważyć, że w większości przypadków sam kierunek zmian czy też występowanie okresów zwiększonej lub zmniejszonej liczby badanych dni są podobne do tych występujących w regionach sąsiednich.

4.3.4. Silne i bardzo silne wyży — przebieg roczny

Drugą najważniejszą cechą charakteryzującą silne i bardzo silne wyży jest roczny przebieg częstości ich występowania. I chociaż w przypadku każdego regionu zachowana jest ogólna prawidłowość, polegająca na tym, że najczęściej układy te występują w chłodnej połowie roku (zwykle w miesiącach zimowych), to każdy z regionów odznacza się jakąś szczególną cechą zmian liczby rozpatrywanych wyżów w ciągu roku.



Ryc. 22. Średnia miesięczna liczba dni z silnymi (≥ 1030 hPa) i bardzo silnymi (≥ 1035 hPa) wyżami w regionach antycyklonalnych w latach 1951—2010

Fig. 22. Mean monthly number of days with strong (≥ 1030 hPa) and very strong (≥ 1035 hPa) highs in anticyclonic regions in the period 1951—2010

Region Grenlandzki (I), podobnie jak obszar występowania Wyżu Azjatyckiego, charakteryzuje się bardzo dużą liczbą silnych i bardzo silnych wyżów oraz wysokimi wartościami ciśnienia (ryc. 22, tabela 3). Znaczna liczba rozpatrywanych układów związana jest z położeniem tego obszaru w wysokich szerokościach geograficznych oraz ochładzającym wpływem lądolodu pokrywającego prawie całą wyspę, szczególnie silnym w chłodnej połowie roku. Oba te czynniki powodują bardzo częste powstawanie wyżów termicznych, które zwykle należą do silnych i bardzo silnych układów antycyklonalnych. Siła tych układów jest nieco mniejsza jedynie w miesiącach letnich, w których średnia liczba dni z silnymi wyżami nie przekracza jednego (tabela 11). W kolejnych miesiącach roku częstość powstawania analizowanych układów barycznych bardzo szybko wzrasta i od października do kwietnia średnio w miesiącu notuje się już ponad 12 dni z silnymi wyżami. W całej chłodnej połowie roku liczba ta utrzymuje się na dość podobnym poziomie (różnica wynosi 5 dni). Najbardziej wyróżnia się przełom jesieni i zimy, na który przypada roczne maksimum występowania liczby dni z silnymi wyżami (średnio 17,2 dnia w listopadzie) oraz przełom zimy i wiosny z wtórnym maksimum w marcu (15,8 dnia). Nieco mniejsza liczba wyżów w miesiącach zimowych związana jest ze wzrostem działalności cyklonalnej w badanym obszarze (Przybylak 1996). Roczny przebieg liczby dni z bardzo silnymi wyżami jest bardzo podobny, a liczba dni z tymi układami występująca w chłodnej połowie roku świadczy o tym, że około $\frac{2}{3}$ rozpatrywanych wyżów to właśnie bardzo silne układy antycyklonalne (tabela 11). Potwierdzają to również średnie miesięczne wartości 95 i 99 percentyla ciśnienia obliczone dla Regionu Grenlandzkiego, które od października do kwietnia w pierwszym przypadku (P_{95}) wahają się około 1035—1039 hPa, a w drugim (P_{99}) od około 1041 hPa do około 1048 hPa (tabela 12). Nie oddają one dokładnych wartości ciśnienia w dniach z silnymi wyżami, ale zważywszy, że w chłodnej połowie roku co drugi dzień to dzień z silnym wyżem, można traktować je jako pewne przybliżenie warunków rzeczywistych. Warto również zauważyć, że badane wyże co prawda najczęściej występują jesienią, ale do najmocniejszych układów należy zaliczyć wyże wiosenne. Najprawdopodobniej jest to związane z faktem, że właśnie wiosną w troposferze temperatura jest wyraźnie niższa niż jesienią (Barry i Carleton 2001). Pamiętać także należy, że najwięcej analizowanych układów występuje w środkowej części regionu i są to jednocześnie układy najsilniejsze (ryc. 18, tabela 5 i 6). Natomiast wyże występujące dalej od centrum tego obszaru są nieco słabsze, a roczne maksimum ich częstości przypada w miesiącach wiosennych.

Równie silne układy wysokiego ciśnienia występują w **Regionie Wyżu Azjatyckiego (IIAE)**, jednak ich liczba jest jeszcze większa niż w przypadku wyżów występujących nad Grenlandią. Podobnie jak w regionie I, silne układy wysokiego ciśnienia prawie nie występują w miesiącach letnich, później jednak ich liczba gwałtownie wzrasta, aby w grudniu osiągnąć roczne maksimum — średnio aż 26,3 dnia z silnymi wyżami (ryc. 22, tabela 11). Tylko nieco mniej takich układów pojawia się w styczniu (średnio 26,0 dnia). W kolejnych miesiącach ich liczba stopniowo maleje, ale jeszcze w kwietniu średnio co trzeci dzień to dzień z badanymi układami barycznymi. Podobnie jak w przypadku Regionu Grenlandzkiego (I), około $\frac{2}{3}$ rozpatrywa-

Tabela 11. Średnia miesięczna liczba dni z silnymi (≥ 1030 hPa) i bardzo silnymi (≥ 1035 hPa) wyzami w regionach antycyklonalnych w latach 1951—2010

Wartość / Values	Liczba dni z ciśnieniem ≥ 1030 hPa / Number of days with pressure ≥ 1030 hPa												Liczba dni z ciśnieniem ≥ 1035 hPa / Number of days with pressure ≥ 1035 hPa											
	miesiące / months												miesiące / months											
	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI
Region Grenlandzki (I)																								
Min.	0	0	0	2	4	1	1	2	1	3	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0
Sr.	0,2	1,1	7,6	15,5	17,2	16,1	14,3	14,7	15,8	12,2	6,5	0,9	0,0	0,4	3,3	9,8	12,2	11,2	10,2	10,2	11,4	7,2	2,5	0,1
Max	4	9	22	28	26	28	29	27	31	21	20	6	0	7	12	23	24	25	26	25	28	19	11	3
Region Wyżu Azjatyckiego (IIAE)																								
Min.	0	0	0	2	12	18	16	13	3	0	0	0	0	0	0	0	4	5	3	3	0	0	0	0
Sr.	0,0	0,25	3,9	16,2	24,5	26,3	26,0	21,7	18,0	10,4	3,3	0,1	0,0	0,0	0,8	6,6	14,7	18,4	17,9	14,6	9,8	3,9	0,4	0,0
Max	0	4	10	28	30	31	31	29	29	19	12	2	0	0	8	23	26	31	28	29	25	13	5	0
Region Wyżu Azorskiego (IIAW)																								
Min.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sr.	7,3	3,3	3,3	5,1	8,6	10,6	11,1	9,8	9,4	8,1	6,9	7,0	0,3	0,1	0,2	0,7	2,4	3,4	4,7	4,2	2,9	1,3	0,9	0,5
Max	18	11	11	16	23	22	30	23	20	20	27	17	3	2	2	6	12	13	18	17	10	10	9	4
Region Europejski (IIIB)																								
Min.	0	0	0	3	10	14	16	9	7	0	3	0	0	0	0	0	1	5	2	1	0	0	0	0
Sr.	7,4	3,7	7,4	16,6	23,8	26,6	27,4	23,7	21,6	16,3	12,4	8,5	0,3	0,1	1,2	5,3	11,9	15,7	17,1	15,0	11,1	4,6	2,0	0,8
Max	17	12	20	31	30	31	31	29	31	28	28	20	3	2	6	27	25	30	29	28	23	15	11	5
Region Islandzki (IIIA)																								
Min.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sr.	0,2	0,5	0,7	1,5	2,6	3,2	4,1	4,3	4,3	4,5	5,1	1,2	0,0	0,1	0,0	0,2	0,8	1,2	1,6	1,6	1,5	1,4	0,9	0,0
Max	3	7	6	13	14	13	20	22	17	14	20	9	0	1	1	3	7	7	8	16	10	8	8	1
Region Atlantycki (IIIB)																								
Min.	0	0	0	2	10	13	13	15	11	4	1	0	0	0	0	0	0	2	2	3	0	0	0	0
Sr.	6,5	3,8	6,6	14,8	23,4	26,2	26,8	23,8	22,6	19,7	16,4	8,9	0,3	0,3	0,8	3,8	9,5	13,1	14,8	13,6	10,9	7,4	3,9	0,9
Max	15	13	17	27	30	31	31	29	30	29	29	19	4	3	7	14	20	24	29	28	21	19	16	7
Region Południowy (IV)																								
Min.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sr.	0,3	0,0	0,0	0,8	3,9	10,1	13,6	8,8	4,9	1,4	0,8	0,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	1,4	2,3	1,3	0,5	0,0	0,0	0,0
Max	3	1	1	5	16	23	30	26	16	9	7	5	0	0	0	1	3	7	16	9	9	0	1	0

Wartość / Values: Min. — minimum / minimum, Śr. — średnia / average, Max — maksymalna / maximum; 0,0 — średnia liczba dni jest mniejsza niż 0,1 / average number of days is lower than 0.1.

Tabela 12. Średnia miesięczna wartość 95 i 99 percentyla ciśnienia [hPa] w wydzielonych regionach antycyklonalnych w latach 1951—2010
Table 12. Mean monthly value of the 95th and 99th percentile of pressure [hPa] in the identified anticyclonic regions in the period 1951—2010

Wartość / Values	95 percentyl / 95 th percentile [hPa]												99 percentyl / 99 th percentile [hPa]											
	miesiąc / months						miesiąc / months						miesiąc / months						miesiąc / months					
	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI
Region Grenlandzki (I)																								
Min.	1018,6	1021,2	1024,4	1027,7	1029,3	1030,4	1032,5	1033,4	1032,2	1030,1	1026,9	1020,6	1022,4	1026,0	1028,1	1033,9	1036,4	1037,8	1041,0	1038,6	1040,7	1037,3	1032,1	1025,5
Śr.	1021,5	1024,1	1029,2	1034,9	1037,1	1037,2	1038,8	1038,9	1039,3	1036,4	1031,6	1024,0	1025,6	1028,7	1034,1	1041,4	1044,4	1046,0	1048,1	1045,7	1047,6	1042,6	1037,3	1028,8
Max	1023,0	1026,5	1036,0	1044,4	1048,0	1047,9	1049,3	1048,6	1047,2	1043,0	1034,6	1025,9	1027,4	1032,5	1034,1	1042,3	1055,7	1055,8	1058,6	1057,0	1058,3	1048,9	1041,5	1030,6
Region Wyżu Azjatyckiego (IIA)																								
Min.	1010,6	1014,4	1023,1	1029,0	1036,1	1036,5	1036,7	1033,8	1029,1	1026,1	1021,9	1015,2	1012,8	1017,8	1026,2	1035,2	1040,9	1041,8	1041,0	1038,0	1032,6	1029,4	1026,4	1018,4
Śr.	1016,9	1020,5	1027,2	1032,9	1039,7	1040,4	1040,5	1041,8	1037,8	1032,2	1026,0	1019,8	1020,2	1024,6	1031,9	1037,7	1046,9	1049,2	1047,4	1048,2	1044,5	1037,9	1030,4	1023,4
Max	1022,9	1022,5	1028,8	1036,0	1044,4	1045,9	1046,4	1045,9	1041,4	1035,0	1027,9	1025,7	1025,3	1027,7	1034,0	1040,3	1051,4	1054,5	1051,7	1052,8	1048,5	1041,1	1032,4	1028,6
Region Wyżu Azorskiego (IIAW)																								
Min.	1027,9	1027,0	1027,8	1028,7	1030,4	1031,8	1033,2	1033,4	1032,1	1030,4	1029,3	1028,7	1031,0	1029,8	1029,5	1031,4	1034,0	1035,7	1038,3	1037,5	1036,0	1034,4	1032,5	1030,6
Śr.	1030,4	1028,9	1028,8	1029,7	1032,3	1033,4	1034,6	1034,6	1032,7	1031,6	1030,9	1030,4	1032,8	1031,3	1031,4	1033,4	1036,2	1038,2	1040,0	1039,7	1037,3	1035,2	1034,1	1032,8
Max	1031,6	1029,8	1029,6	1030,7	1033,6	1034,3	1035,5	1035,4	1033,4	1032,3	1031,8	1031,6	1033,9	1032,5	1033,0	1035,4	1038,5	1039,8	1041,2	1040,9	1038,6	1036,4	1035,6	1034,2
Region Europejski (IIB)																								
Min.	1008,2	1011,9	1020,4	1025,5	1029,2	1030,9	1031,2	1032,1	1029,1	1022,5	1019,3	1012,7	1010,6	1014,6	1023,9	1029,9	1032,0	1033,6	1036,6	1035,8	1033,3	1025,9	1023,2	1016,5
Śr.	1022,3	1023,1	1026,6	1029,8	1032,9	1034,2	1035,1	1036,0	1033,5	1028,7	1026,8	1023,7	1025,6	1026,3	1030,7	1034,5	1038,9	1040,4	1041,1	1042,0	1039,5	1033,3	1030,9	1027,3
Max	1031,3	1029,3	1029,1	1033,5	1038,1	1038,6	1039,4	1042,8	1038,9	1032,4	1031,7	1031,5	1033,7	1032,0	1033,5	1038,7	1046,9	1047,0	1048,2	1052,2	1047,8	1038,4	1035,9	1034,1
Region Islandzki (IIIA)																								
Min.	1020,9	1021,2	1022,2	1022,3	1023,4	1021,3	1023,6	1025,2	1024,9	1026,3	1028,0	1023,6	1024,6	1025,2	1026,3	1027,5	1029,7	1028,2	1030,4	1032,3	1031,1	1030,8	1031,6	1027,3
Śr.	1022,0	1022,4	1023,1	1023,4	1024,7	1024,2	1026,0	1027,2	1026,9	1027,9	1028,6	1024,6	1025,6	1026,7	1027,7	1029,2	1031,6	1031,4	1033,3	1034,2	1033,3	1033,9	1032,7	1028,5
Max	1023,5	1024,0	1024,5	1025,0	1026,3	1027,4	1029,2	1029,0	1029,6	1030,2	1029,5	1025,9	1026,7	1028,6	1029,2	1030,9	1034,8	1034,7	1037,2	1038,1	1037,6	1037,0	1033,6	1030,0
Region Atlantycki (IIIB)																								
Min.	1007,8	1011,3	1017,8	1021,3	1022,7	1021,9	1020,5	1022,4	1023,9	1019,9	1016,8	1012,0	1010,2	1013,4	1020,9	1026,5	1028,0	1029,1	1027,8	1030,3	1028,3	1024,0	1020,0	1014,6
Śr.	1022,6	1022,9	1024,2	1025,9	1028,3	1028,7	1030,1	1031,0	1030,4	1029,6	1028,1	1024,4	1026,1	1026,5	1028,3	1031,2	1034,7	1035,8	1037,5	1037,5	1036,8	1034,7	1032,4	1028,5
Max	1030,3	1028,6	1028,3	1030,9	1033,0	1034,2	1035,1	1037,0	1035,0	1034,8	1031,3	1030,9	1033,1	1031,0	1033,3	1037,6	1040,7	1042,6	1043,0	1047,9	1044,3	1041,1	1036,5	1033,9
Region Północny (IV)																								
Min.	999,7	1002,0	1008,2	1012,2	1014,3	1015,9	1016,4	1014,8	1012,7	1009,8	1005,6	1001,3	1001,1	1003,8	1010,1	1013,0	1015,3	1017,0	1017,8	1016,2	1014,1	1010,9	1007,9	1003,3
Śr.	1013,3	1013,7	1016,5	1019,7	1022,4	1024,8	1025,8	1024,6	1022,1	1018,7	1016,8	1014,9	1014,7	1015,0	1018,0	1021,4	1024,6	1027,1	1028,3	1027,1	1024,8	1021,1	1018,5	1016,5
Max	1028,6	1026,9	1025,5	1026,6	1028,9	1030,6	1032,1	1030,8	1029,6	1028,6	1028,4	1029,1	1029,7	1028,5	1027,0	1030,2	1033,1	1034,9	1036,2	1034,8	1033,9	1031,0	1030,7	1030,7

Wartość / Values: Min. — minimalna / minimum, Śr. — średnia / average, Max — maksymalna / maximum.

nych wyżów to układy bardzo silne (tabela 11). Tak silnie zarysowane maksimum i minimum rocznego występowania silnych wyżów uwarunkowane jest sezonową zmiennością cyrkulacji atmosferycznej nad Azją. Zarówno kontynentalny i chłodny wyż, jaki rozbudowuje się w chłodnej połowie roku, jak i niż powstający nad rozgrzanym lądem w półroczu ciepłym należą do bardzo rozległych układów barycznych i swoim zasięgiem obejmują nie tylko niemal całą Azję, ale również Europę. Z tego względu, liczba i siła wyżów, jaka występuje w Regionie Wyżu Azjatyckiego (IIAE), w dużym stopniu zależą od warunków pogodowych, jakie w danym roku wystąpią nad kontynentem azjatyckim. Jednak mimo oddziaływania tak rozległego i mocno wychłodzonego lądu, wartości ciśnienia w dniach z silnymi i bardzo silnymi wyżami w badanym regionie są porównywalne z tymi, jakie występują nad Grenlandią, a czasami nawet nieco niższe (wahają się około 1016—1042 hPa dla P_{95} i około 1020—1048 hPa dla P_{99} ; tabela 12). Należy jednak pamiętać, że centrum Wyżu Azjatyckiego najczęściej znajduje się na wschód od granic rozpatrywanego sektora euroatlantyckiego i w tamtym obszarze należy oczekiwać najwyższych wartości ciśnienia.

Trzecim regionem związanym z występowaniem silnego, a zarazem stałego wyżu (zaliczanego do centrów działania atmosfery) jest **Region Wyżu Azorskiego (IIAw)**. W obszarze tym roczny przebieg częstości występowania dni z silnymi wyżami znacznie różni się od tych, które charakteryzują dwa poprzednie regiony. Różnice te dotyczą przede wszystkim liczby dni z silnymi i bardzo silnymi wyżami, ich rocznego minimum oraz liczby dni z ciśnieniem ≥ 1030 hPa występujących latem.

Podobnie jak w Regionie Grenlandzkim (I) i Regionie Wyżu Azjatyckiego (IIAE), w obszarze oddziaływania Wyżu Azorskiego dni z silnymi wyżami najczęściej występują w miesiącach zimowych; w styczniu średnio stanowi to 11,1 dnia (ryc. 22, tabela 11). Jednak wspomniane roczne maksimum nie jest już tak wyraźne, jak w dwóch poprzednich regionach. Drugie, słabiej zaznaczone, maksimum przypada na lipiec (średnio 7,3 dnia), co odzwierciedla ogólne zmiany ciśnienia występujące w tym regionie (Sahsamanoglou 1990). Przez większą część roku w ciągu miesiąca średnio występuje około 7—10 dni z silnymi wyżami. Najrzadziej rozpatrywane dni występują pod koniec lata i jesienią. W sierpniu i wrześniu było to 3,3 dnia, a w październiku — 5,1. Tak duża (w porównaniu z poprzednimi regionami) liczba dni z silnymi wyżami jest najbardziej charakterystyczną cechą tego obszaru. Związana jest z letnim przesunięciem ku północy i rozbudową Wyżu Azorskiego, obejmującego swoim zasięgiem znaczną część Europy, któremu towarzyszy wzrost wartości ciśnienia w centrum układu (Sahsamanoglou 1990; Davis i in. 1997).

Przebieg liczby dni z bardzo silnymi wyżami jest bardziej podobny do rocznych zmian nad Grenlandią i w rejonie występowania Wyżu Azjatyckiego (IIAE). W lecie tak silne układy występują sporadycznie, a w zimie największa liczba dni z bardzo silnymi wyżami notowana jest zazwyczaj w styczniu (średnio 4,2 dnia). Warto jednak zwrócić uwagę na intensywność badanych układów. Mimo że jest ich znacznie mniej niż wyżów kontynentalnych, rozpatrywane wartości ciśnienia w miesiącach letnich są zbliżone do tych znad Grenlandii i nieco wyższe od tych z Regionu Wyżu Azjatyckiego (IIAE). W przypadku 95 percentyla wartości ciśnienia występującego

na tym obszarze wynoszą około 1029—1030 hPa, a w przypadku 99 percentyla — około 1031—1033 hPa. Natomiast ciśnienie w układach chłodnej połowy roku jest zwykle niższe (o około 5 hPa w przypadku 95 percentyla i o około 7—8 hPa w przypadku 99 percentyla wartości średniego ciśnienia w miesiącach zimowych) niż w obu wcześniej opisanych regionach (tabela 12).

Regiony Wyżu Azorskiego (IIAW) i Azjatyckiego (IIAE) położone są w obrębie większego **Regionu Europejskiego (IIb)**. Stanowi on strefę zwiększonej liczby występowania silnych antycyklonów i łączy w sobie cechy charakteryzujące silne wyże obu wymienionych regionów. Jednak ze względu na zasięg, częstość występowania i siłę wyżów znad Azji cechy tych układów są w tym obszarze dominujące (ryc. 22, tabela 11 i 12). Opisywana strefa rozciągająca się od Azji, przez całą Europę i obejmująca część Oceanu Atlantyckiego zwana jest „osią Wojejkowa” (Martyn 1987). Stanowi fragment linii łączącej sezonowe i *quasi*-stacjonarne ośrodki wysokiego ciśnienia, tworzące strefę podwyższonego ciśnienia na półkuli północnej. Jednocześnie dobrze ilustruje przypadki, w których w sektorze euroatlantyckim powstają, a następnie łączą się Wyż Azorski i Azjatycki, obejmując swoim zasięgiem prawie całą Europę (Bielec-Bąkowska 2010c).

Dwa kolejne regiony: Islandzki (IIIA) i Atlantycki (IIIB), położone są na Oceanie Atlantyckim lub stanowi on ich znaczącą część. Większy z nich — **Region Atlantycki (IIIB)** — obejmuje bardzo zróżnicowane (pod względem położenia oraz warunków przyrodniczych) rejony sektora euroatlantyckiego. Jednocześnie stanowi niejako strefę przejściową między pozostałymi regionami, łącząc w sobie wszystkie cechy opisywanych obszarów. Z tego powodu postanowiono pominąć w tym miejscu jego charakterystykę, chociaż wartości przedstawiające zmiany liczby silnych i bardzo silnych wyżów oraz najwyższe wartości ciśnienia występujące w tym regionie zostały zamieszczone na ryc. 22 i w tabelach 11 i 12.

Najbardziej charakterystyczne są zmiany liczby dni z silnymi wyżami występujące w **Regionie Islandzkim (IIIA)**. W rozpatrywanym obszarze występuje najmniejsza liczba dni z silnymi wyżami (średnio od 0,2 dnia w lecie do 5,1 dnia wiosną), a jej roczne maksimum przypada na maj, co jest cechą wyróżniającą występowanie wyżów arktycznych (ryc. 22, tabela 11). Zwiększona wiosenna częstość układów antycyklonalnych związana jest z osłabieniem gradientów termicznych między chłodnymi i ciepłymi akwenami oceanu a znacznie osłabioną cyklogenezą. Jeszcze bardziej wyrównany jest roczny przebieg bardzo silnych układów antycyklonalnych. W tym przypadku zimą i wiosną średnio występuje nie więcej niż 1,6 dnia z analizowanymi układami, a w cieplej połowie roku notowane są one sporadycznie. Tak niską frekwencję silnych i bardzo silnych wyżów potwierdzają wartości 95 i 99 percentyla ciśnienia w poszczególnych miesiącach (tabela 12). W pierwszym przypadku (P_{95}) nie przekraczają one 1030 hPa, w drugim natomiast (P_{99}) od listopada do maja wahają się w granicach około 1031—1034 hPa.

Ostatni z wydzielonych regionów to **Region Południowy (IV)**. Odnacza się on najniższymi wartościami ciśnienia w całym sektorze euroatlantyckim (wartości P_{95} i P_{99} wahały się odpowiednio około 1013—1025 hPa i 1015—1028 hPa) oraz najmniejszymi ich zmianami w ciągu roku (tabela 12). Z tego powodu silne, a szcze-

gólnie bardzo silne wyż notowane są tam bardzo rzadko i to w zasadzie jedynie w chłodnej połowie roku. Rozpatrywane układy najczęściej występują w zimie (średnio 8,8—13,6 dnia w miesiącu) z maksimum w styczniu (ryc. 22, tabela 11). Dotyczy to w szczególności północnej części opisywanego regionu, obejmującej szerokim pasem obszar od Półwyspu Iberyjskiego i przez Europę Południową sięgającą aż za Morze Kaspijskie. Związane jest to ze wspomnianymi już zmianami cyrkulacji w tym obszarze oraz ze zwiększoną częstością występowania zimowych wyżów i silniejszym wpływem wysokiego ciśnienia znad Azji w chłodnej połowie roku (Degirmendżić 1998; Barry i Carleton 2001). W sezonie letnim, w którym okołorównikowa strefa obniżonego ciśnienia przesuwają się nad północną Afrykę, w rozpatrywanym regionie rozbudowują się płytkie niży termiczne (Martyn 1987), a średnie miesięczne wartości dla P_{95} i P_{99} wahają się około 1013—1015 hPa. Z tego powodu od maja do października silne układy wysokiego ciśnienia średnio pojawiają się rzadziej niż raz w roku.

Warto również zwrócić uwagę na zakres zmian liczby dni z silnymi i bardzo silnymi wyżami w poszczególnych okresach roku. Jak już wielokrotnie wspomniano, we wszystkich regionach największa średnia miesięczna liczba rozpatrywanych dni występowała w półroczu chłodnym (X—III), głównie zaś od listopada lub grudnia do lutego. Roczne maksimum najczęściej przypadało w grudniu lub styczniu. Wyjątek stanowił:

- Region Grenlandzki (I) z maksimum w listopadzie (17,2 dnia z ciśnieniem ≥ 1030 hPa i 12,2 z ciśnieniem ≥ 1035 hPa) i wtórnym maksimum w marcu (odpowiednio 15,8 i 11,4 dnia),
- Region Islandzki (IIIA) z maksimum liczby dni z ciśnieniem ≥ 1030 hPa w maju (5,1 dnia) i z prawie wyrównaną liczbą dni z ciśnieniem ≥ 1035 hPa od grudnia do kwietnia (1,2—1,6 dnia).

Najwyższa średnia miesięczna liczba dni z badanymi wyżami różniła się w zależności od regionu. Najwięcej takich dni występowało w Regionie Wyżu Azjatyckiego (IIAE), Europejskiego (IIB) i w Regionie Atlantyckim (IIIB) — około 20—27 dni z ciśnieniem ≥ 1030 hPa, z czego ponad połowę stanowiły dni z bardzo silnymi wyżami (około 10—17 dni; ryc. 22, tabela 11). Nieco mniej takich dni z ciśnieniem ≥ 1030 hPa (około 17) oraz 12 dni z ciśnieniem ≥ 1035 hPa występowało nad Grenlandią (I). Tak duża liczba wyjątkowo silnych układów barycznych była związana przede wszystkim z Wyżem Azjatyckim i Grenlandzkim oraz (w regionie IIIB) wyżami arktycznymi. Najmniej rozpatrywanych dni występowało w Regionie Wyżu Azorskiego (IIAw) — około 9—11 dni z silnymi i 3—5 dni z bardzo silnymi wyżami, oraz na południu badanego obszaru (region IV — odpowiednio około 9—14 i 1—2 dni).

W poszczególnych latach i miesiącach liczba analizowanych dni mogła zmieniać się dość znacznie. Najmniejsze różnice występowały w miesiącach letnich i najczęściej wynosiły do 4 dni zarówno z silnymi, jak i bardzo silnymi wyżami (tabela 11). Większy zakres zmian dotyczył dni z ciśnieniem ≥ 1030 hPa i występował głównie w Regionie Wyżu Azorskiego (IIAw), w Regionie Europejskim (IIB) oraz Atlantyckim (IIIB), gdzie wynosił 11—18 dni. W miesiącach chłodnej połowy roku opisywa-

ny zakres zmian był znacznie większy i we wszystkich regionach wahał się około 26—31 dni z ciśnieniem ≥ 1030 hPa oraz 16—31 dni z ciśnieniem ≥ 1035 hPa.

Poza obszarem występowania Wyżu Azjatyckiego (IIAE) i Regionem Atlantyckim (IIIb) najmniejsza miesięczna liczba dni z analizowanymi wyżami była bardzo niska, dlatego też warto zwrócić uwagę na różnice między najwyższymi a średnimi wartościami miesięcznymi. W przypadku silnych wyżów największe tak obliczone różnice miesięczne wahały się od około 13 dni w Regionie Atlantyckim (IIIb) oraz Wyżu Azjatyckiego (IIAE) do około 20 w Regionie Europejskim (IIAw) (w maju). Występowanie bardzo silnych wyżów również może znacznie odbiegać od wartości średniej. W tym przypadku najmniejsza opisywana różnica pojawiła się w wyróżniającym się wcześniej regionie IIAw (około 13 dni), a największa (około 22 dni) w Regionie Europejskim (IIb).

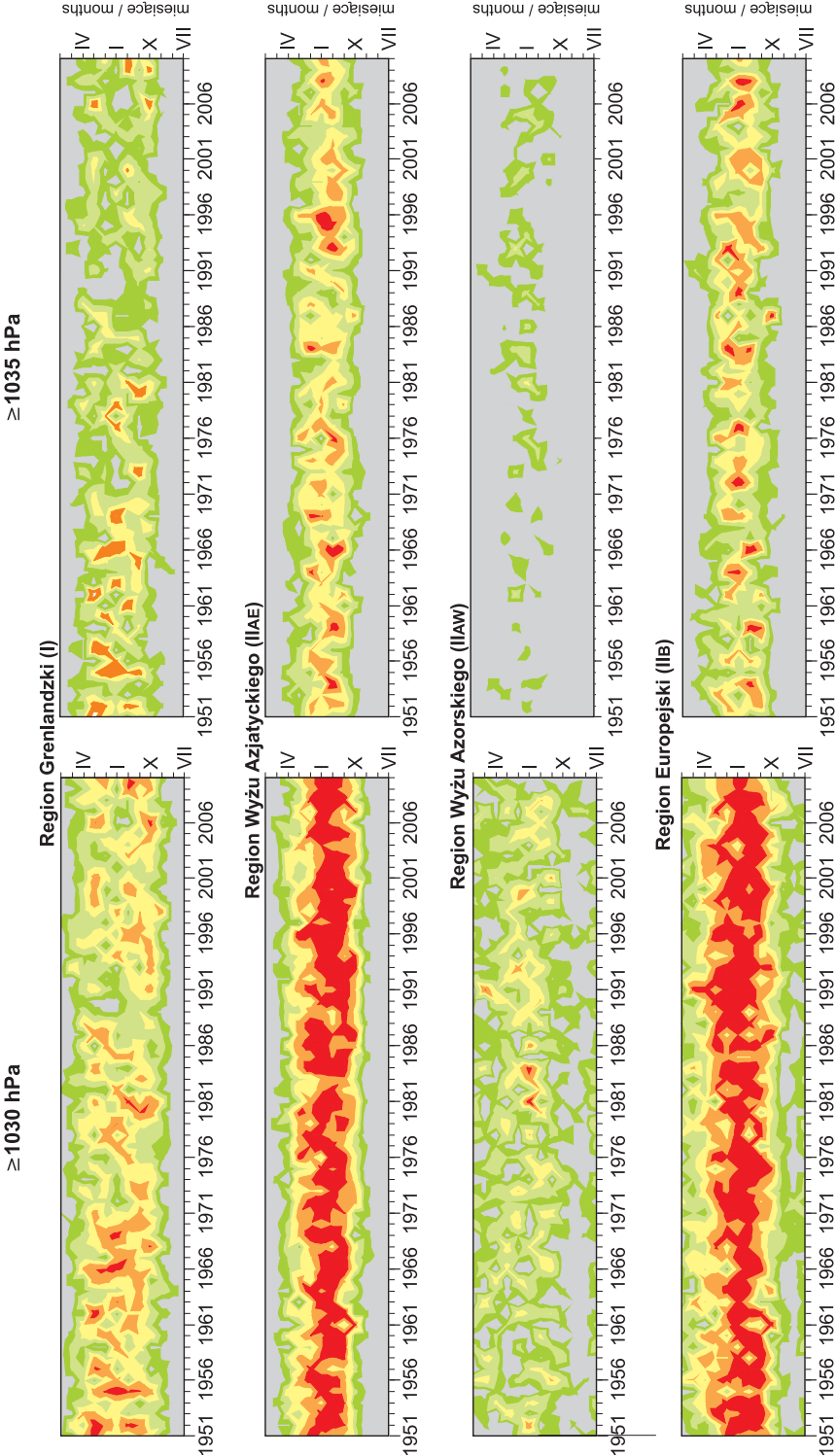
Przedstawione prawidłowości związane są z bardzo wysokimi wartościami maksymalnej liczby dni z wyjątkowo silnymi wyżami. W niektórych regionach zdarzały się lata, w których silne lub bardzo silne wyży występowały przez wszystkie czy też prawie wszystkie dni danego miesiąca. Dotyczyło to szczególnie obszaru znajdującego się często pod wpływem Wyżu Azjatyckiego (IIAE) i Regionu Atlantyckiego (IIIb). Tak dużej liczby dni z badanymi wyżami nie notowano w Regionie Islandzkim (IIIA) oraz Południowym (IV), chociaż maksymalna miesięczna liczba dni z ciśnieniem ≥ 1030 hPa lub ≥ 1035 hPa i tak znacznie różniła się od średniej (w niektórych miesiącach nawet kilkukrotnie; tabela 11).

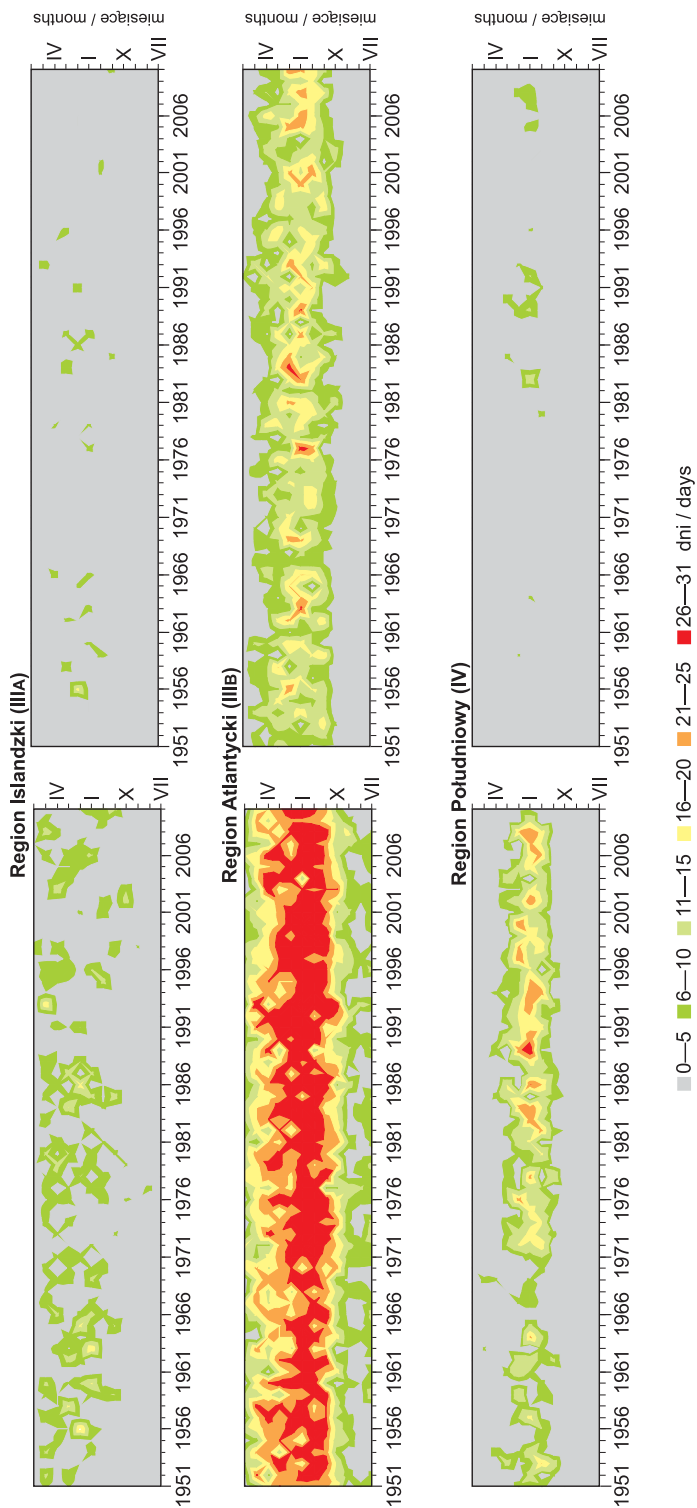
W większości regionów maksymalne miesięczne liczby dni z wyjątkowo silnymi wyżami przybierały podobne wartości przez większą część chłodnej połowy roku. Jedynie w Regionie Południowym (IV), który charakteryzuje się małą liczbą omawianych układów oraz w Regionie Atlantyckim (IIIb) przypadały głównie na miesiące zimowe.

Zaprezentowany roczny rozkład częstości występowania dni z wyjątkowo silnymi wyżami zmieniał się od początku rozpatrywanego wielolecia. Zmiany te są najbardziej widoczne, gdy prześledzimy wysokie wartości liczby dni z silnymi czy bardzo silnymi wyżami (powyżej 10 lub 20 dni w miesiącu; ryc. 23). Potwierdzają one wieloletnie zmiany całkowitej liczby badanych układów barycznych, pokazując jednocześnie zmianę występowania rocznego maksimum silnych lub bardzo silnych wyżów.

W **Regionie Grenlandzkim (I)** dość dobrze widoczny jest opisany wcześniej spadek częstości występowania wyjątkowo silnych wyżów od lat 70., a szczególnie wieloletnie minimum, jakie wystąpiło na przełomie lat 80. i 90. (ryc. 23). Można również zauważyć, że pod koniec rozpatrywanego wielolecia początek okresu z największą liczbą dni z analizowanymi wyżami (średnio w miesiącu ≥ 20 dni z ciśnieniem ≥ 1030 hPa oraz ≥ 10 dni z ciśnieniem ≥ 1035 hPa) przypadał nieco wcześniej niż w latach 50. Jednocześnie okres zwiększonej liczby analizowanych układów barycznych stawał się coraz mniej „zwarty” i coraz częściej liczba silnych lub bardzo silnych wyżów malała w miesiącach zimowych.

W **regionie II** wyraźne staje się różnicowanie rocznej częstości występowania badanych układów barycznych między wschodnią a bardziej „oceaniczną” częścią





Ryc. 23. Liczba dni z silnymi (≥ 1030 hPa) i bardzo silnymi (≥ 1035 hPa) wyżami w regionach antycyklonalnych w latach 1951—2010

Fig. 23. Number of days with strong (≥ 1030 hPa) and very strong (≥ 1035 hPa) highs in anticyclonic regions in the period 1951—2010

obszaru. W **Regionie Wyżu Azjatyckiego (IIAe)** wzrost liczby dni z silnymi wyżami obserwowany od 1970 r. znajduje swoje odzwierciedlenie we wzroście liczby miesięcy, w których notowano odpowiednio ponad 10 (8 miesięcy w latach 1978/1979 i 2000/2001) oraz 20 dni z badanymi układami barycznymi (w 6 latach aż w 6 miesiącach), (ryc. 23). Od lat 90. notuje się także częstsze przypadki, w których każdego dnia miesiąca występowały silne układy wysokiego ciśnienia. Podobnie jak w regionie I, w **Regionie Wyżu Azjatyckiego (IIAe)** zauważa się nieco wcześniejsze rozpoczynanie oraz nieco późniejsze kończenie się okresu zwiększonej częstości występowania silnych wyżów. W przypadku liczby dni z bardzo silnymi wyżami nie zauważa się już takich zmian, chociaż podobnie jak w **Regionie Grenlandzkim (I)**, w opisywanej części Europy liczba wyjątkowo silnych układów barycznych zauważalnie zmalała w ostatniej dekadzie rozpatrywanego wielolecia.

Poza **Regionem Islandzkim (IIIA)**, wieloletnia zmienność rocznego przebiegu liczby dni z silnymi i bardzo silnymi wyżami w **Regionie Wyżu Azorskiego (IIAw)** należy do najbardziej zmiennych w całym sektorze euroatlantyckim. Jak już wcześniej wspomniano, charakteryzuje się ona przesunięciem rocznego minimum dni z wyjątkowo silnymi i bardzo silnymi wyżami na sierpień i wrzesień oraz stosunkowo małą roczną amplitudą liczby badanych dni (ryc. 23, tabela 11). W rozpatrywanym wieloleciu roczne maksimum występowania wymienionych dni najczęściej przypadało na styczeń. Jednak w okresie od grudnia do marca bardzo często miesięcznie notowano 10 lub więcej dni z silnymi wyżami (nawet w 31 latach). Uwzględniając zaś okres od grudnia do lutego, 20 lub więcej dni z silnymi wyżami występującymi w poszczególnych miesiącach notowano sześć-, a nawet dziesięciokrotnie w wieloleciu. W miesiącach tych (XII—II) często również występowało 10 lub więcej dni z bardzo silnymi wyżami (po 6—10 razy). Warto także odnotować fakt, że po 1980 r. tak dużą liczbę dni z ciśnieniem ≥ 1030 hPa lub ≥ 1035 hPa notowano dwu-, trzykrotnie częściej niż w pierwszych trzydziestu latach badanego wielolecia. Należy również dodać, że po 1980 r. okres występowania największej liczby wyjątkowo silnych wyżów stał się bardziej zwarty i zwykle trwał od listopada do marca (ryc. 23). Częściej też pojawiały się silne i bardzo silne wyże, odpowiednio 20 i 10 lub więcej razy w miesiącu.

Ze względu na znaczne rozmiary oraz fakt, że **Regiony Europejski (IIB)** i **Atlantycki (IIIB)** obejmują swoim zasięgiem bardzo różne obszary sektora euroatlantyckiego w chłodnej połowie roku (X—III) liczba dni z silnymi wyżami prawie zawsze przekracza 20 dni w miesiącu, a w grudniu i styczniu (w około 20 latach) osiągała nawet 30/31 dni (ryc. 23). W obu regionach nie zauważa się żadnych wyraźnych wieloletnich zmian w rocznym przebiegu liczby badanych układów barycznych. W przypadku dni z ciśnieniem ≥ 1035 hPa opisane zmiany są bardzo podobne, a jedyna znacząca różnica dotyczy liczby tych dni, która jest 2—3 razy niższa niż w przypadku wyżów silnych (z ciśnieniem ≥ 1030 hPa).

A kolei **Region Islandzki (IIIA)** charakteryzuje się najmniejszą liczbą wyjątkowo silnych układów antycyklonalnych oraz największą zmiennością ich występowania w ciągu roku (ryc. 23). Zaledwie 47 razy zanotowano więcej niż 10 dni z silnymi wyżami w miesiącu, a tylko trzykrotnie 20 i więcej takich dni (22 dni w lutym

1956 r., 20 dni w styczniu 1963 r. i maju 1993 r.). Ze względu na fakt, że region ten jest obszarem częstej cyklogenezy, bardzo silne wyży występowały w nim sporadycznie. Większą liczbę dni z tymi układami odnotowano jedynie w lutym 1956 r. — 16 dni, oraz w marcu 1984 r. — 10 dni. Jak już wcześniej wspomniano, roczne maksimum liczby dni z silnymi wyżami przypada zwykle w maju, a z układami bardzo silnymi w lutym. Jednak od stycznia do maja liczba dni z silnymi i bardzo silnymi wyżami utrzymuje się na podobnym poziomie, a roczne maksimum ich występowania oraz rozkład roczny bardzo zmieniały się w poszczególnych latach. Przykładem może być 1997/1998 r., w którym roczne maksimum częstości występowania silnych wyżów przypadło w listopadzie (10 dni z 42 w roku), 1985/1986 r. z maksimum w lutym (18 z 39 dni w roku) czy też 2001/2002 r. z maksimum w październiku (13 dni z 36 w roku).

Ostatni **region — Południowy (IV)** odznacza się bardzo niewielką liczbą badanych układów wyżowych i prawie całkowitym ich brakiem w miesiącach ciepłej połowy roku. Jak już nadmieniono, w regionie tym bardzo silnie zaznacza się, przypadające na styczeń, roczne maksimum występowania rozpatrywanych dni. W przypadku silnych wyżów w całym analizowanym wieloleciu aż w 31 latach miało ono miejsce w styczniu, a 15 razy w grudniu. Natomiast roczne maksimum pojawiania się bardzo silnych wyżów częściej występowało także w innych miesiącach. W styczniu odnotowano ich roczne maksimum w 23 latach, a w grudniu — w 17 (tabela 13, ryc. 23). Większą zmienność rocznego maksimum liczby dni z wyjątkowo silnymi

Tabela 13. Liczba przypadków, w których roczne maksimum częstości dni z silnymi (≥ 1030 hPa) i bardzo silnymi (≥ 1035 hPa) wyżami w regionie IV przypadało w określonym miesiącu (1951—2010)*

Table 13. Number of cases when the annual maximum frequency of days with strong (≥ 1030 hPa) and very strong (≥ 1035 hPa) highs in region IV fell in a given month (1951—2010)*

Rodzaj układu / Baric system	Miesiące / Months											
	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI
Silne wyży / strong highs ≥ 1030 hPa	0	0	0	0	2	15	31	10	2	0	2	0
Bardzo silne wyży / very strong highs ≥ 1035 hPa	0	0	0	0	5	17	23	11	3	0	1	0

* W analizowanym wieloleciu występowały przypadki z równą liczbą badanych wyżów w kilku miesiącach, jak również lata, w których nie notowano bardzo silnych układów antycyklonalnych / in the period analyzed, there were cases of the same number of the high pressure system studied in a few months, but parallel there were years when no very strong anticyclonic systems were noted.

wyżami zauważa się w pierwszej połowie analizowanego wielolecia, oraz gdy rozpatrujemy dni z ciśnieniem ≥ 1030 hPa. W pozostałej części roku silne i bardzo silne układy wyżowe notowane są właściwie tylko od listopada do kwietnia.

Podsumowując zaprezentowane zmiany liczby silnych i bardzo silnych wyżów występujących w sektorze euroatlantyckim, należy jeszcze raz podkreślić znaczne różnice między poszczególnymi regionami. W największym stopniu wyróżniają się

regiony oceaniczne (Atlantycki i Islandzki oraz Wyżu Azorskiego), ale i Region Południowy. Bardzo często zauważa się również, że niektóre charakterystyczne cechy zmian liczby badanych wyżów zachodzących w jednym regionie widoczne są w innych obszarach, czasami bardzo odległych (np. w Regionie Grenlandzkim i Wyżu Azjatyckiego). Jednocześnie czasami w określonym regionie możemy zauważyć podobieństwa do zmian występujących w kilku innych obszarach (np. w pierwszej dekadzie badanego wielolecia liczba wyżów zmienia się podobnie jak w regionie X, a w drugiej połowie rozpatrywanego okresu — jak w regionie Y). I dopiero w wyniku zsumowania się tych zmian z „własnymi” cechami cyrkulacji nad danym obszarem powstaje pełny obraz warunków cyrkulacyjnych w danym rejonie. Otrzymane wyniki po raz kolejny potwierdzają skomplikowany charakter cyrkulacji atmosfery, który zawsze należy rozważać w różnych skalach przestrzennych i czasowych. Z tego powodu nie można też wskazywać na występowanie regionów cyrkulacyjnych o ściśle wytyczonych granicach. Możemy jedynie wskazywać na pewne obszary, w których przeważają określone cechy cyrkulacji atmosfery (zwykle opisywane przez średnie wartości z wielolecia), pamiętając o ich zmienności czasowej i przestrzennej, szczególnie wyraźnej w strefach granicznych między regionami. Uwaga ta dotyczy również wydzielonych regionów antycyklonalnych i zmian, jakie w nich zachodzą. Nie należy także zapominać, że wszelkie badania mają odpowiedzieć na wcześniej postawione pytania. W pewien sposób determinuje to otrzymane rezultaty i daje odpowiedź dotyczącą tylko fragmentu tego skomplikowanego systemu, jakim jest środowisko przyrodnicze.

5. Typy rozkładu pola ciśnienia podczas występowania silnych układów antycyklonalnych

Badając występowanie silnych i bardzo silnych wyżów, warto także zwrócić uwagę na typy cyrkulacji w sektorze euroatlantyckim w dniach z rozpatrywanymi układami barycznymi. W tym celu postanowiono wydzielić charakterystyczne typy rozkładu pola ciśnienia w dniach z silnymi i bardzo silnymi wyżami dla wcześniej wyróżnionych regionów antycyklonalnych (ryc. 19). W analizie nie uwzględniono Regionu Europejskiego (IIb) i Atlantyckiego (IIIb). W pierwszym przypadku decyzja ta podyktowana była faktem, że region ten stanowi obszar przejściowy między regionem reprezentującym oddziaływanie Wyżu Azjatyckiego (IIAE) a regionem występowania Wyżu Azorskiego (IIAW). Z tego powodu typy pola ciśnienia wydzielone dla dwóch wymienionych obszarów jednocześnie oddziałują w Regionie Europejskim (IIb). W przypadku Regionu Atlantyckiego (IIIb) nieuwzględnienie go w analizie związane było przede wszystkim z jego zasięgiem i niejako „przejściowym” charakterem między innymi regionami. Podobnie jak w przypadku Regionu Europejskiego, wysokie wartości ciśnienia w tym regionie związane są głównie z silnymi i bardzo silnymi wyżami występującymi w regionach otaczających i Arktyce.

5.1. Wyznaczanie typów rozkładu pola ciśnienia, którym towarzyszyło występowanie silnych układów antycyklonalnych

Wyznaczając typy rozkładu ciśnienia w dniach z silnymi i bardzo silnymi wyżami, korzystano z wartości ciśnienia na poziomie morza oraz wysokości geopotencjału powierzchni barycznej 500 hPa. Rozkład pola ciśnienia został opracowany

osobno dla półrocza chłodnego (X—III) i ciepłego (IV—IX) oraz dla każdego z wydzielonych regionów antycyklonalnych.

Wydzielając typy rozkładu pola ciśnienia w rozpatrywanych dniach, zastosowano często spotykane w literaturze (Romero i in. 1999; Plaut i Simonnet 2001; Yarnal i in. 2001; Esteban i in. 2005, 2006; Bednorz 2009; Guentchev i Winkler 2010) połączenie analizy składowych głównych (PCA — *Principal Component Analysis*) oraz grupowania (w tym przypadku metodą *K*-średnich). Ze względu na znaczne rozmiary podstawowej bazy danych (1377 punktów gridowych) ich rozdzielczość przestrzenna została zmniejszona z $2,5^\circ \times 2,5^\circ$ na $5^\circ \times 5^\circ$. W ten sposób do analizy składowych głównych wykorzystano wartości z 364 punktów gridowych. Przed przystąpieniem do analizy wszystkie wartości poddane zostały standaryzacji. Następnie, w przypadku każdego regionu i półrocza, wyodrębniono składowe główne, które zastosowano w procedurze grupowania. Określając liczbę składowych głównych, przyjęto dwa kryteria. Pierwszym z nich było kryterium Guttmana mówiące, że wartość własna składowych głównych musi być ≥ 1 (Horel 1981; Wibig 2001; Bednorz 2009). Natomiast drugie kryterium stanowiła skumulowana wartość całkowitej zmienności wyjaśnianej przez wybrane składowe główne, wynosząca w tym przypadku co najmniej 85% (Bednorz 2009; Makra i in. 2009). W zależności od rozpatrywanego regionu oraz półrocza liczba składowych głównych wahała się w granicach 18—21.

Kolejnym etapem wydzielenia typów pola ciśnienia, którym towarzyszyły wyjątkowo silne wyże, było grupowanie dni z opisywanymi układami barycznymi (wyznaczonymi dla każdego regionu osobno). Każdy dzień został scharakteryzowany nowymi cechami reprezentowanymi przez 18—20 wartości składowych głównych. W trakcie analizy przeprowadzono wstępny podział na 2—7 grup. Następnie, dla tak wydzielonych grup, uśredniono rzeczywiste wartości ciśnienia dla wszystkich punktów gridowych (w siatce o rozdzielczości $2,5^\circ \times 2,5^\circ$) i wykreślono mapy rozkładu pola ciśnienia na poziomie morza i poziomu barycznego 500 hPa. Analiza otrzymanych rezultatów wykazała, że najlepiej najważniejsze typy cyrkulacji oddają podziały na 4 lub 5 grup. W wyniku dalszego podziału otrzymywano kolejne grupy dni, które przedstawiały jedynie bardziej szczegółowe przypadki wydzielonych wcześniej typów.

Po wielu próbach, dla każdego regionu oraz półrocza, zdecydowano się przyjąć podział na cztery typy rozkładu pola ciśnienia. Dla każdego regionu obrano dla nich podobne oznaczenia T1, T2... T4, poprzedzone pierwszą literą pochodzącą z nazwy regionu (np. gT1z). W przypadku typów wydzielonych dla regionu Wyżu Azjatyckiego i Azorskiego przyjęto następujące oznaczenia: AE i AW (np. awT1c, aeT4z), co związane jest z położeniem tych regionów we wschodniej (E) lub zachodniej (W) części sektora euroatlantyckiego. Dodatkowo typy występujące w półroczu chłodnym otrzymały indeks „z” (np. gT1z), a te reprezentujące półrocze ciepłe — indeks „c” (np. gT1c). Warto zauważyć, że niezależnie od regionu wydzielone typy sytuacji barycznych zwykle reprezentowały bardzo zbliżoną liczbę dni z rozpatrywanymi układami barycznymi (tabela 14), a tendencja ta utrzymywała się także w podziałach na większą liczbę grup. Nieco większe różnice widoczne są w cieplej porze roku i dotyczą przede wszystkim regionu reprezentującego Wyż Azorski (IIaw) oraz Regionu Południowego (IV).

Tabela 14. Częstość występowania wydzielonych typów rozkładu pola ciśnienia dla poszczególnych regionów antycyklonalnych w latach 1951—2010

Table 14. Frequency of occurrence of identified types of air pressure field in anticyclonic regions in the period 1951—2010

Region	Typ / Type	Częstość wydzielonych typów cyrkulacji / Frequency of distinguish circulation types [%]	
		X—III	IV—IX
Grenlandzki (I)	T 1	27,8	28,9
	T 2	26,7	26,7
	T 3	23,2	23,1
	T 4	22,4	21,3
	suma	100,0	100,0
Wyżu Azjatyckiego (IIAE)	T 1	28,2	30,1
	T 2	27,7	25,7
	T 3	22,4	24,1
	T 4	21,7	20,1
	suma	100,0	100,0
Wyżu Azorskiego (IIAW)	T 1	29,2	39,8
	T 2	26,1	21,8
	T 3	22,7	20,4
	T 4	22,0	18,0
	suma	100,0	100,0
Islandzki (IIIA)	T 1	33,7	26,6
	T 2	24,2	25,1
	T 3	22,2	25,0
	T 4	19,9	23,2
	suma	100,0	100,0
Południowy (IV)	T 1	27,8	36,2
	T 2	26,1	32,7
	T 3	26,0	17,9
	T 4	20,1	13,3
	suma	100,0	100,0

Uzupełnieniem badań było określenie zasięgu pionowego rozpatrywanych układów barycznych. W tym celu korzystano z wartości oraz map wysokości geopotencjału na poziomie 500 hPa. Na tej podstawie określono wysokość układu, przyjmując za A.S. Zwieriewem (1965), że:

- układ baryczny uważany jest za wysoki, gdy nad nim na mapie powierzchni izobarycznej 500 hPa występują izohipsy zamknięte,
- układ baryczny jest układem średnim, gdy nad nim na mapie powierzchni izobarycznej 500 hPa izohipsy tworzą zatokę lub klin,
- układ baryczny jest niski wtedy, gdy nad nim na mapie powierzchni izobarycznej 500 hPa izohipsy nie są zaburzone.

5.2. Typy rozkładu pola ciśnienia podczas występowania silnych układów antycyklonalnych

Jak już wielokrotnie wspomniano, silne i bardzo silne wyże dominują w sezonie chłodnym. Największy udział dni z tymi układami barycznymi występuje w Regionie Wyżu Azjatyckiego (IIAE), gdzie stanowią one około 73% wszystkich dni półrocza chłodnego, w tym aż 45% to dni z ciśnieniem ≥ 1035 hPa (tabela 15). W pozostałych regionach częstość występowania rozpatrywanych dni jest już znacznie niższa; nawet nad Grenlandią dni z ciśnieniem ≥ 1030 hPa stanowią 51,3% wszystkich dni półrocza chłodnego, a z ciśnieniem ≥ 1035 hPa — 35,6%. Wyjątkowo niewiele takich dni pojawia się w Regionie Islandzkim (IIIA) i Regionie Południowym (IV) (do około 23%). Są to zwykle wyże, w których ciśnienie nieznacznie przekracza 1030 hPa. Silniejsze układy baryczne występujące w tych obszarach stanowią 3—4% wszystkich dni i nie przekraczają odpowiednio 1035 hPa i 1040 hPa. Warto także wspomnieć, że poza Grenlandią i obszarem występowania Wyżu Azjatyckiego nie notowano dni z ciśnieniem ≥ 1050 hPa. W cieplej połowie roku opisywane wyże (z ciśnieniem ≥ 1030 hPa) stanowią zwykle zaledwie kilka procent wszystkich dni półrocza ciepłego. Jedynie w Regionie Wyżu Azorskiego (IIAW) oraz na Grenlandii (15,5%) ich częstość przekracza 10% (tabela 15).

Tabela 15. Liczba dni z wybranymi średnimi dobowymi wartościami ciśnienia oraz ich udział w liczbie dni półrocza ciepłego (IV—IX) i chłodnego (X—III) w wybranych regionach antycyklonalnych w latach 1951—2010

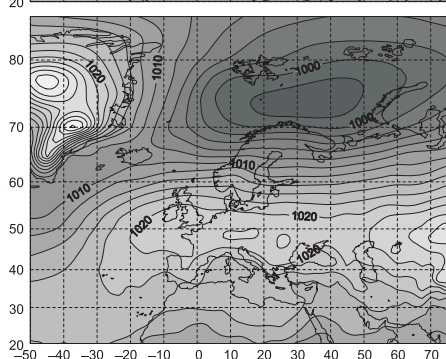
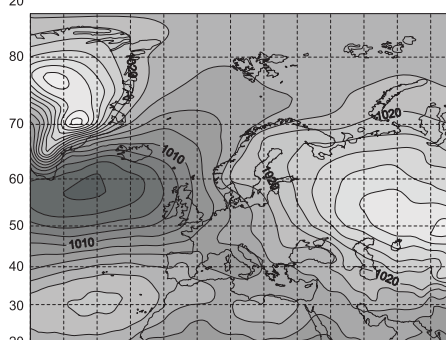
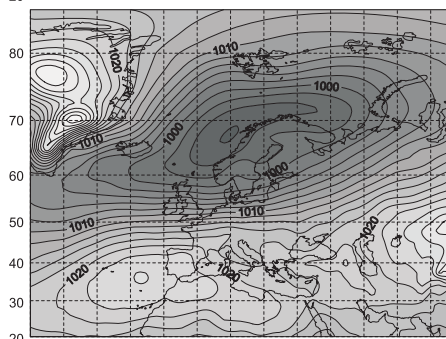
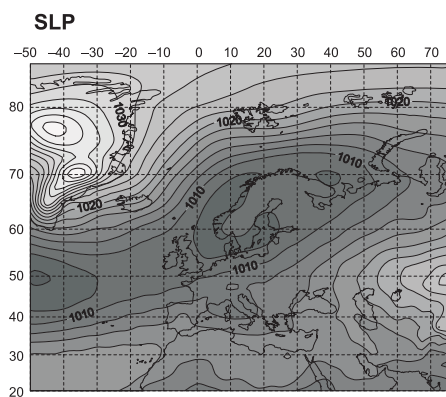
Table 15. Number of days with selected mean daily air pressure values and their share in the number of days in the warm (Apr.—Sep.) and cool (Oct.—Mar.) halves of the year in selected anticyclonic regions in the period 1951—2010

Półrocze / Half year	Liczba dni z ciśnieniem / Number of days with pressure [hPa] \geq							Udział w półroczu / Share in half year [%]	
	1030	1035	1040	1045	1050	1055	1060	≥ 1030 hPa	≥ 1035 hPa
Region Grenlandzki (I)									
X—III	5612	3895	2406	1314	642	265	100	51,3	35,6
IV—IX	1707	815	321	115	31	7	2	15,5	7,4
Region Wyżu Azjatyckiego (IIAE)									
X—III	7957	4922	2387	999	324	104	19	72,8	45,0
IV—IX	1085	303	77	14	3	0	0	9,9	2,8
Region Wyżu Azorskiego (IIAW)									
X—III	3278	1091	224	13	2	0	0	30,0	10,0
IV—IX	2150	197	7	0	0	0	0	19,6	1,8
Region Islandzki (IIIA)									
X—III	1188	412	103	10	0	0	0	10,9	3,8
IV—IX	732	144	18	3	0	0	0	6,7	1,3
Region Południowy (IV)									
X—III	2527	353	20	0	0	0	0	23,1	3,2
IV—IX	196	1	0	0	0	0	0	1,8	0,0

5.2.1. Silne i bardzo silne wyże w Regionie Grenlandzkim

W chłodnej połowie roku rozkład pola ciśnienia w dniach, w których nad obszarem Grenlandii zalegały silne i bardzo silne wyże, różnił się przede wszystkim położeniem rozległego układu niskiego ciśnienia na północnym Atlantyku oraz stopniem rozbudowania i wartościami ciśnienia Wyżu Azorskiego i Azjatyckiego. W tym czasie, niezależnie od cyrkulacji na pozostałym obszarze, nad Grenlandią występował silny ośrodek wysokiego ciśnienia, którego wartości często przekraczały 1060 hPa. Najczęściej występowały dwa **typy** sytuacji barycznych **gT1z** i **gT2z**, które stanowiły po około 27% wszystkich przypadków rozpatrywanych dni (ryc. 24, zał. 2). Do pierwszego z wydzielonych typów zaliczają się dni, w których przeważająca część sektora euroatlantyckiego znajdowała się pod wpływem rozległego niżu znad Skandynawii, często łączącego się z niżem znad półwyspu Labrador. Jedynie na południowym zachodzie badanego obszaru zauważa się słabo zaznaczony obszar podwyższonego ciśnienia oraz nieco silniejszy klin wysokiego ciśnienia na wschodzie. Opisywany typ cyrkulacji występował najczęściej w marcu (8,7% wszystkich dni z silnymi wyżami występującymi w Regionie Grenlandzkim) oraz wyróżniał się najwyższymi wartościami ciśnienia w Regionie Grenlandzkim (I). Ze 102 dni, w których nad Grenlandią ciśnienie było równe lub większe od 1060 hPa, aż 75 zalicza się właśnie do typu **gT1z**, w tym wszystkie cztery dni z ciśnieniem ≥ 1070 hPa (1074,2 hPa 10.01.1956; 1074,2 hPa 7.03.1951; 1071,5 hPa 16.12.2010 oraz 1070,7 hPa 27.11.1955). W typie **gT2z** widoczny jest już tylko jeden wyraźny układ niskiego ciśnienia (nad Skandynawią) oraz łączące się w jedną strefę podwyższonego ciśnienia wyże na południu rozpatrywanego obszaru. W dniach z tym typem cyrkulacji najwyższe zanotowane ciśnienie nad Grenlandią wynosiło 1066,3 hPa (19.01.1958), a podobnie silne wyże (≥ 1060 hPa) notowano 17 razy. Ten rodzaj cyrkulacji występuje głównie od listopada (5,5%) do stycznia (6,8%), osiągając w grudniu 7,8% wszystkich przypadków silnych wyżów występujących w półroczu chłodnym.

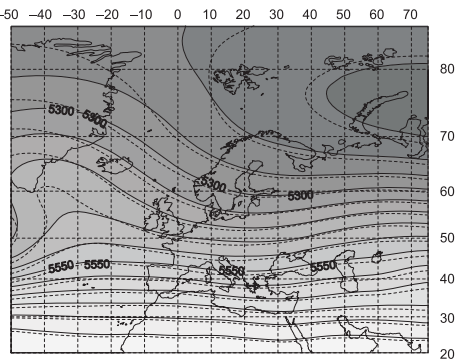
W typach gT3z i gT4z (23,2% oraz 22,4% wszystkich przypadków) nad badanym obszarem zaczynają dominować układy wysokiego ciśnienia. W typie **gT3z**, występującym najczęściej w listopadzie i lutym (4,7% i 5,1%), bardzo charakterystyczny jest układ wysokiego ciśnienia, rozciągający się znad Azji na zachód i obejmujący swoim zasięgiem Europę Wschodnią i Skandynawię. Jednocześnie układ niskiego ciśnienia przesunięty został w rejon Basenu Labradorskiego, a na południowym zachodzie wyraźnie zaznacza się odrębny Wyż Azorski. W niektórych dniach zarówno Wyż Grenlandzki, jak i Azjatycki były bardzo silne, a gradient ciśnienia między nimi a opisywanym niżem — bardzo duży (>30 hPa dla wartości średnich). Warto również wspomnieć, że dość często temu typowi cyrkulacji towarzyszyło powstawanie niżu nad Zatoką Genuieńską. W ostatnim z wydzielonych typów (**gT4z**) Wyż Azorski jest połączony z Wyżem Azjatyckim. Typ ten występuje najczęściej w październiku (7,1%) i przypomina typ **gT2z**. Główne różnice między nimi to przesunięcie niżu znad Skandynawii ku północnemu wschodowi oraz bardziej jednorodna strefa podwyższonego ciśnienia, której oś przebiega mniej więcej wzdłuż 50°N .



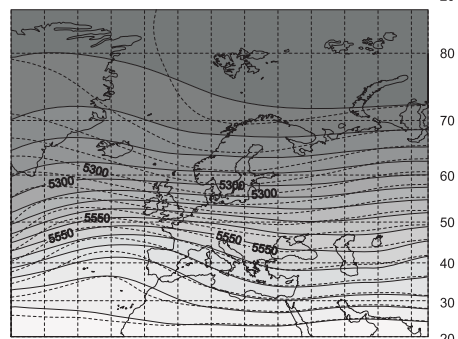
— 1020 — ciśnienie na poziomie morza / sea level pressure [hPa]

wysokość powierzchni izobarycznej 500 hPa [m g.p.] w wyżach o ciśnieniu:
height of 500 hPa isobaric level [m g.p.] for anticyclones with pressure:

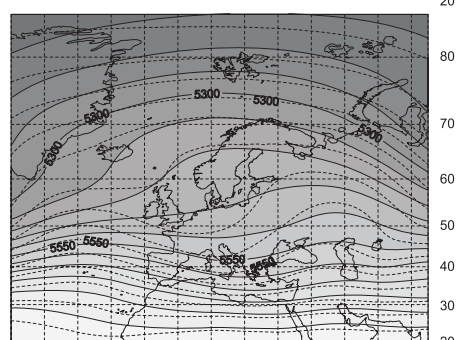
GT1z
(27,8%)



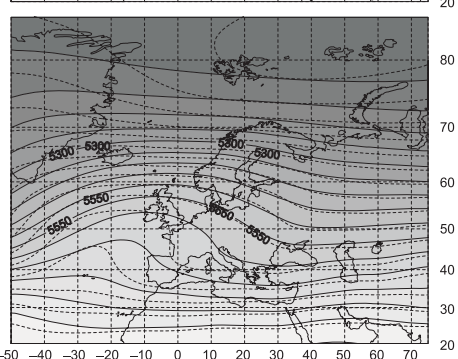
GT2z
(26,7%)



GT3z
(23,2%)



GT4z
(22,4%)



(22,5%) częstość występowania / occurrence frequency

— 5550 — ≥ 1030 hPa - - - 5560 - - - ≥ 1045 hPa

W obu opisanych typach cyrkulacji (gT3z i gT4z) ciśnienie nad Grenlandią zwykle jest nieco niższe niż w typach gT1z i gT2z (maksymalnie osiągając 1066 hPa), a dni z ciśnieniem ≥ 1060 hPa pojawiły się odpowiednio raz i 7 razy.

Podczas analizy tak silnych układów wysokiego ciśnienia pojawiło się pytanie o ich zasięg pionowy. Z tego powodu zbadano przestrzenny rozkład wysokości powierzchni izobarycznej 500 hPa w każdym z wydzielonych typów (ryc. 24). Okazało się, że w większości przypadków rozpatrywane układy są układami niskimi lub średnimi (niezaburzone izohipsy lub występowanie klinów czy też zatok na powierzchni 500 hPa; Zwieriew 1965). Dotyczyło to zarówno wyżów nad Grenlandią, które są zwykle płytkimi układami termicznymi powstałymi nad lądolodem, jak i Wyżu Azjatyckiego (Tubi i Dayan 2013). We wszystkich wydzielonych typach cyrkulacji na poziomie 500 hPa dniom z silnymi i bardzo silnymi wyżami występującymi w regionie I towarzyszyła strefa obniżonego ciśnienia, rozciągająca się na północ od 50°N, oraz pas podwyższonego ciśnienia na południu badanego obszaru. Klin podwyższonego ciśnienia związany z wyżami nad Grenlandią widoczny jest jedynie w typie gT1z. W typach gT2z i gT4z antycyklonalne wygięcie izohips zauważalne jest nad Wyżem Azorskim, natomiast w typie gT3z — nad Wyżem Azjatyckim. Tak małe zróżnicowanie rozkładu ciśnienia stwierdzono nie tylko dla wartości średnich w danym typie, ale również w dniach z wyżami o wysokich wartościach ciśnienia (≥ 1045 hPa).

W rozpatrywanym wieloleciu wydzielone typy pola ciśnienia występowały z różną częstością. Typy gT1z i gT2z średnio notowano 25 razy w ciągu danego półrocza (przy średniej liczbie około 93 dni z silnymi i bardzo silnymi wyżami), na-

Tabela 16. Wybrane charakterystyki liczby dni z określonym typem cyrkulacji w dniach z silnymi i bardzo silnymi wyżami występującymi w Regionie Grenlandzkim (I) w półroczu chłodnym (X—III) w latach 1951—2010

Table 16. Selected characteristics of the number of days with a given circulation type on days with strong and very strong highs in the Greenland region (I) in the cool half of the year (Oct.—Mar.) in the period 1951—2010

Wartość / Value	Typ cyrkulacji / Circulation type			
	gT1z	gT2z	gT3z	gT4z
Maksymalna / Maximum	62	43	56	38
Średnia / Average	25,4	25,1	21,5	20,8
Minimalna / Minimum	1	7	4	2
Odchylenie standardowe / Standard deviation	14,2	9,5	11,5	9,5
Współczynnik zmienności / Variability index [%]	55,7	37,8	53,3	45,3

Ryc. 24. Typy rozkładu ciśnienia w dniach z silnymi lub bardzo silnymi wyżami w Regionie Grenlandzkim (I) w chłodnej połowie roku (X—III) w latach 1951—2010 — na poziomie morza oraz na powierzchni izobarycznej 500 hPa

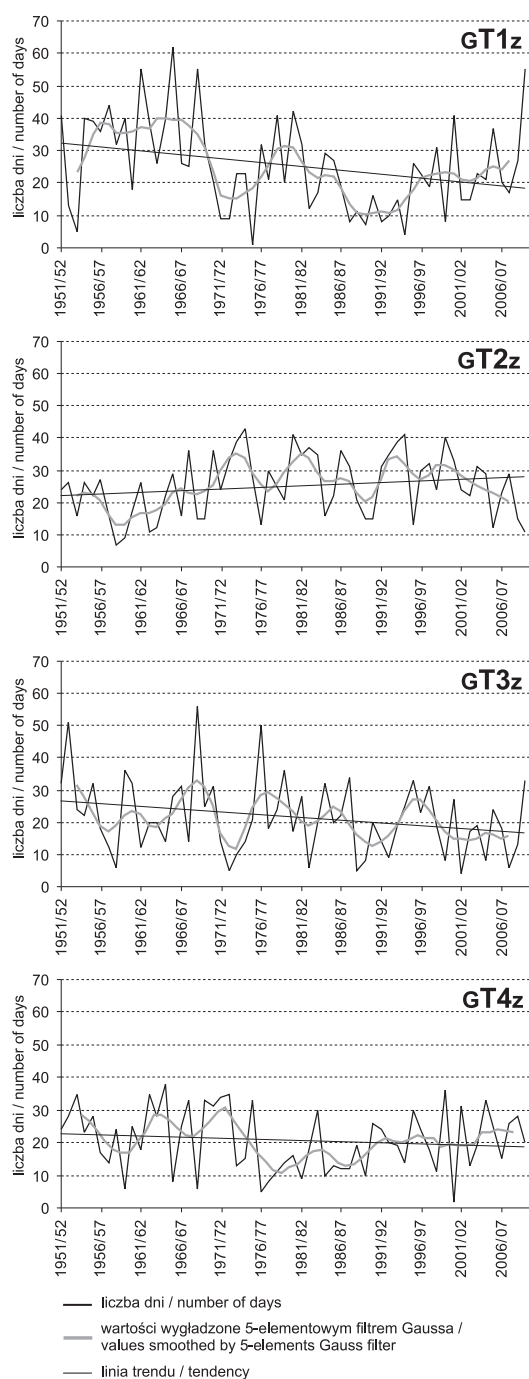
Fig. 24. Types of pressure distribution on days with strong or very strong highs in the Greenland region (I) during the cool half of the year (Oct.—Mar.), 1951—2010: At sea level and at 500 hPa

tomiast dwa pozostałe typy cyrkulacji pojawiały się po około 21 dniach każdy. Jednak w poszczególnych latach liczba dni z określonym typem rozkładu ciśnienia mogła znacznie się różnić od średniej. Największe różnice widoczne są w typie gT1z, w którym aż 62 takie dni zanotowano w 1965/1966 r. i jedynie jeden w 1975/1976 r. (ryc. 25). Najmniej zmieniała się liczba badanych dni w typie gT2z, w którym tylko 7 dni wystąpiło w 1958/1959 r., a 43 w 1974/1975 r. (tabela 16).

Wieloletnia zmienność dni z wydzielonymi typami cyrkulacji wskazuje na wyraźny i istotny statystycznie ($p < 0,05$) spadek występowania dni, w których badanym wyżom nad Grenlandią towarzyszy rozległa strefa niskiego ciśnienia (gT1z), oraz tych, w których zaznacza się rozległy wpływ Wyżu Azjatyckiego (gT3z). W przypadku dni reprezentujących typ gT2z ich niewielka liczba z początku wielolecia wzrosła nieco w latach 60. i do końca XX w. utrzymywała się na podobnym poziomie (średnio około 27 dni). W ostatniej dekadzie badanego okresu ponownie notuje się mniejszą częstość tego rodzaju cyrkulacji atmosfery, jednak na razie nie jest ona zbyt duża i chociaż w całym wieloleciu należy odnotować tendencję rosnącą, nie jest ona istotna statystycznie. Najmniejsze zmiany w wieloleciu występują w ostatnim typie pola ciśnienia (gT4z) i, poza pewnym zmniejszeniem liczby rozpatrywanych dni w latach 70. i 80., nie można wskazać wyraźnego kierunku ich zmian. Porównując opisane zmiany ze spadkiem ogólnej liczby dni z silnymi i bardzo silnymi wyżami w Regionie Grenlandzkim (tabela 10, rozdział 4.), zauważymy, że w największym stopniu odpowiada za niego spadek liczby rozpatrywanych układów, którym towarzyszył słaby Wyż Azorski lub wyraźnie zaznaczony silny Wyż Azjatycki (gT1z i gT3z).

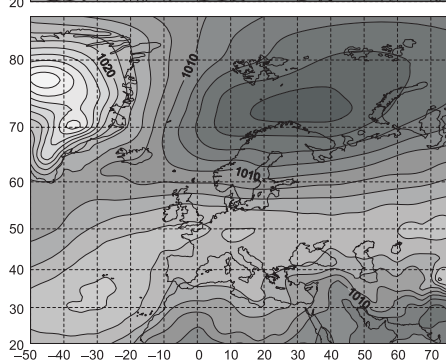
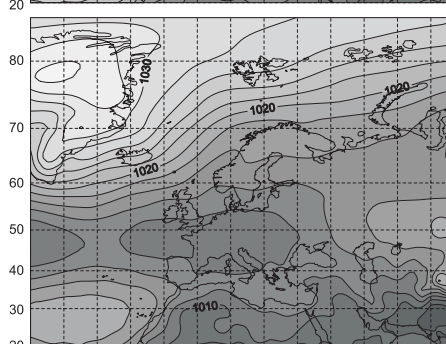
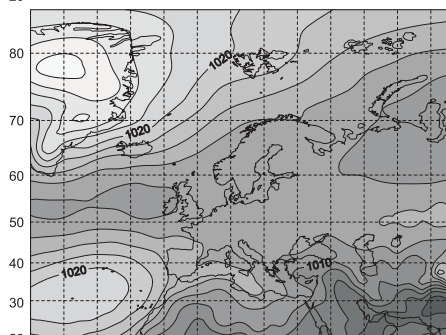
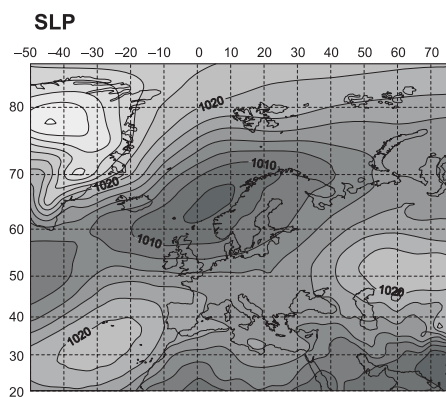
Podobnie jak w opisanych wcześniej przypadkach, w **ciepłej połowie roku** rozkład pola ciśnienia w dniach z silnymi i bardzo silnymi wyżami nad Grenlandią charakteryzowało położenie głównych ośrodków barycznych w sektorze euroatlantyckim. Oczywiście, w każdym z czterech wydzielonych typów cyrkulacji najsilniej zaznaczał się Wyż Grenlandzki, w obszarze którego wartości ciśnienia w centrum układu zwykle były najwyższe w typie gT1c (>1032 hPa w przypadku średniego pola ciśnienia w tej grupie dni), a najniższe w typie gT4c (około 1026 hPa). Pierwszy z wydzielonych typów był również typem najliczniejszym. Zaliczało się do niego aż 28,9% wszystkich rozpatrywanych dni. Nieco mniej liczny był typ gT2c (26,7%), a w typach gT3c i gT4c wystąpiło nieco ponad 20% przypadków (odpowiednio 23,1% i 21,3%). Większość dni z opisywanymi układami barycznymi występowała w kwietniu (42,8%). Prawie dwukrotnie mniej takich dni notowano w maju (22,7%) oraz we wrześniu (26,8%), a w pozostałych miesiącach nie przekraczały one 3,9% wszystkich przypadków.

Wśród wydzielonych typów cyrkulacji **typy gT1c i gT4c** były zbliżone do typów występujących w półroczu chłodnym. Typ gT1c cechował rozkład ciśnienia podobny do typu pierwszego (gT1z), natomiast gT4c — rozkład ciśnienia z typu drugiego i częściowo czwartego (gT2z i gT4z). Przy czym w typie gT1c silniejsze i lepiej zarysowane były odizolowane od siebie ośrodki wysokiego ciśnienia nad Azorami i Azją, a niż nad Skandynawią charakteryzował się nieco większymi gra-



Ryc. 25. Liczba dni z wydzielonymi typami cyrkulacji występującymi w dniach z silnymi i bardzo silnymi wyżami w Regionie Grenlandzkim (I) w półroczu chłodnym (X—III) w latach 1951—2010

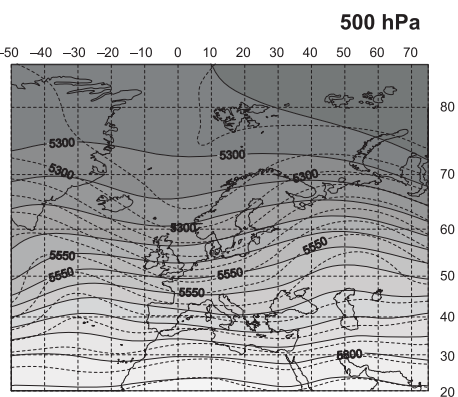
Fig. 25. Number of days with specific circulation types on days with strong and very strong highs in the Greenland region (I) in the cool half of the year (Oct.—Mar.) in the period 1951—2010



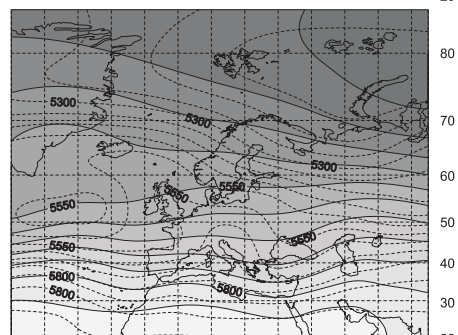
— 1020 — ciśnienie na poziomie morza / sea level pressure [hPa]

wysokość powierzchni izobarycznej 500 hPa [m g.p.] w wyżach o ciśnieniu:
height of 500 hPa isobaric level [m g.p.] for anticyclones with pressure:

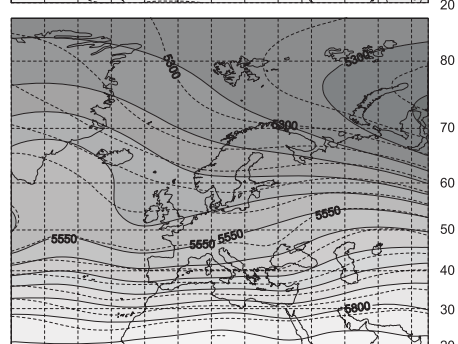
GT1c
(28,9%)



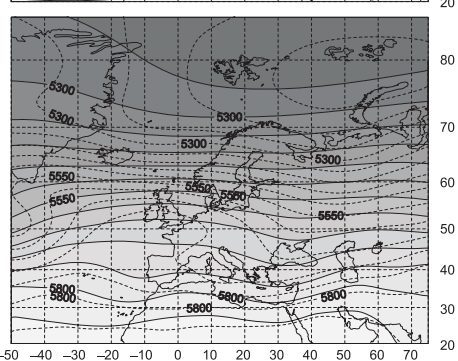
GT2c
(26,7%)



GT3c
(23,1%)



GT4c
(21,3%)



(22,5%) częstość występowania / occurrence frequency

— 5550 — ≥ 1030 hPa - - - 5560 - - - ≥ 1045 hPa

dientami ciśnienia (ryc. 26, zał. 3). Warto również wspomnieć, że wśród dni należących do tej grupy część charakteryzowała się bardzo silnym Wyżem Grenlandzkim, który sięgał aż do Wysp Brytyjskich. Jednocześnie niż znad Skandynawii przesunął się na północny wschód, a na południu zaznaczała się rozległa strefa niskiego ciśnienia, obejmująca swoim zasięgiem Afrykę oraz Europę Zachodnią i Środkową. W typie gT4c wartości gradientów między układami barycznymi były mniejsze niż w odpowiadających mu typach półrocza chłodnego (gT2z i gT4z). Najwyższe ciśnienie zanotowane w półroczu ciepłym nad Grenlandią w typie gT1c wynosiło 1061,1 hPa (15.04.1991), tylko raz przekroczyło wartość 1060 hPa, a 9 razy 1050 hPa (głównie w kwietniu). W drugim z opisywanych typów najwyższe ciśnienie wynosiło 1056 hPa (4.04.2007) i tylko 3 razy przekroczyło wartość 1050 hPa.

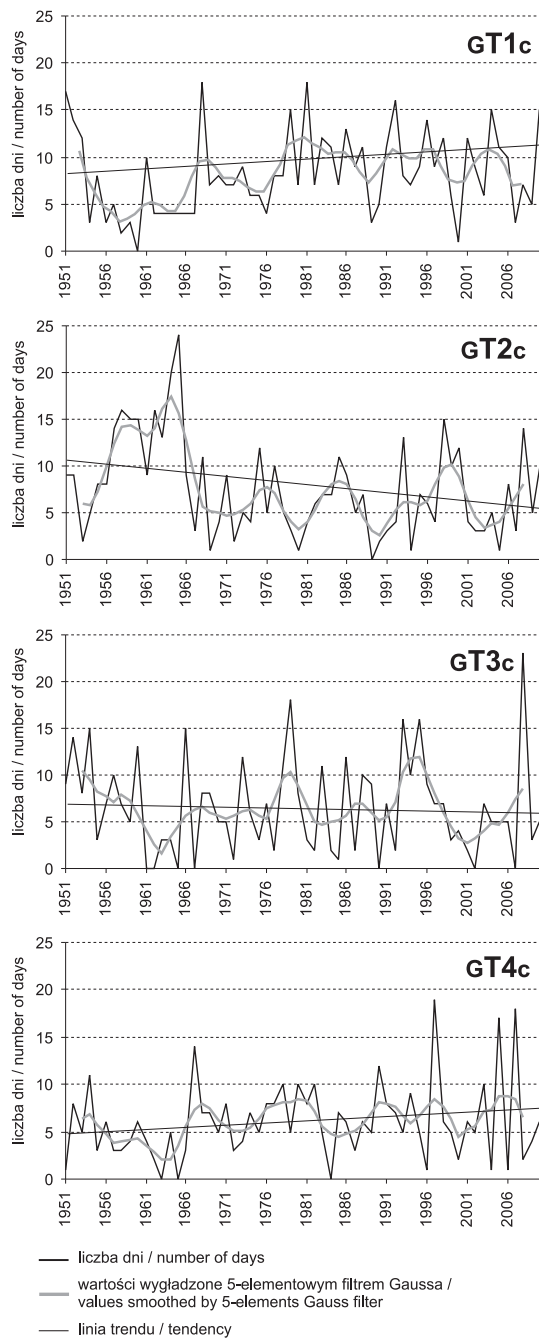
W dwóch pozostałych typach rozkładu ciśnienia: gT2c i gT3c, jego najwyższe wartości notowano na początku badanego wielolecia. W typie gT2c tylko raz przekroczyło ono 1050 hPa i wynosiło 1050,1 hPa (21.09.1956). W typie gT3c ponad 1060 hPa zanotowano jedynie 16.04.1951 (1061,1 hPa), ale aż 25 razy stwierdzono ciśnienie przekraczające 1050 hPa i również zwykle było to w kwietniu. W obu analizowanych typach charakterystyczne jest występowanie silnych i bardzo silnych wyżów nad Grenlandią oraz połączonej z nimi strefy podwyższonego ciśnienia, obejmującej niemal cały obszar na północ od 70°N. Dobrze widoczny jest także Wyż Azorski, natomiast słabo zaznacza się wpływ podwyższonego ciśnienia znad Azji. W przypadku typu gT2c pozostała część rozpatrywanego obszaru znajduje się pod wpływem strefy obniżonego ciśnienia na południu oraz niżu znad Azji. Strefa niskiego ciśnienia nad Afryką zaznacza się też w typie gT3c. Jednak ośrodek niskiego ciśnienia znad Azji nie jest już widoczny, a zastąpiła go strefa niskiego ciśnienia z centrum nad zachodnią i środkową Europą, rozciągająca się na zachód nad Ocean Atlantycki (ryc. 26, zał. 3).

Podobnie jak w przypadku chłodnej połowy roku, w półroczu ciepłym badane ośrodki baryczne zwykle należały do niskich lub średnich układów ciśnienia. Jedynie w niewielkiej liczbie dni, w których ciśnienie nad Grenlandią było równe lub wyższe niż 1045 hPa (6,7% przypadków), niektóre układy (np. Wyż Azorski w typie gT2c i niż nad Skandynawią w typie gT4c) można zaliczyć do wysokich (zamknięte izohipsy na poziomie 500 hPa).

Wieloletnie zmiany występowania opisywanych typów rozkładu pola ciśnienia w dniach z silnymi i bardzo silnymi wyżami nad Grenlandią były bardziej wyrównane niż w chłodnej połowie roku (ryc. 27). Największe zmiany widoczne są w pierwszych 20 latach badanego okresu. W typie gT1c, gT3c i gT4c wyraźnie widoczny jest spadek liczby analizowanych dni, co znalazło swoje odbicie w wieloletniej

Ryc. 26. Typy rozkładu ciśnienia w dniach z silnymi lub bardzo silnymi wyżami w Regionie Grenlandzkim (I) w cieplej połowie roku (IV—IX) w latach 1951—2010 — na poziomie morza (SLP) oraz na powierzchni izobarycznej 500 hPa

Fig. 26. Types of pressure distribution on days with strong or very strong highs in the Greenland region (I) in the warm half of the year (Apr.—Sep.) in the period 1951—2010: At sea level (SLP) and at 500 hPa



Ryc. 27. Liczba dni z wydzielonymi typami cyrkulacji występującymi w dniach z silnymi i bardzo silnymi wyżami w Regionie Grenlandzkim (I) w półroczu ciepłym (IV—IX) w latach 1951—2010

Fig. 27. Number of days with specific circulation types on days with strong and very strong highs in the Greenland region (I) in the warm half of the year (Apr.—Sep.) in the period 1951—2010

Tabela 17. Wybrane charakterystyki liczby dni z określonym typem cyrkulacji w dniach z silnymi i bardzo silnymi wyżami występującymi w Regionie Grenlandzkim (I) w półroczu ciepłym (IV—IX) w latach 1951—2010

Table 17. Selected characteristics of the number of days with a given circulation type on days with strong and very strong highs in the Greenland region (I) in the warm half of the year (Apr.—Sep.), 1951—2010

Wartość / Value	Typ cyrkulacji / Circulation type			
	GT1c	GT2c	GT3c	GT4c
Maksymalna / Maximum	18	24	23	19
Średnia / Average	8,1	7,6	6,5	6,2
Minimalna / Minimum	0	0	0	0
Odchylenie standardowe / Standard deviation	4,3	5,2	5,2	4,1
Współczynnik zmienności / Variability index [%]	52,9	68,1	79,9	66,5

zmienności wszystkich dni z silnymi wyżami występującymi w tym regionie (ryc. 20, rozdział 4.). Jedynie w przypadku Wyżów Grenlandzkich, którym towarzyszył niż znad Azji (GT2c), wyraźny był wzrost ich liczby od połowy lat 50. do połowy lat 60. W późniejszych latach widoczne jest występowanie kilkuletnich okresów wzrostu badanych dni, najlepiej zaznaczone w typie GT2c, jednak ich liczba zwykle oscylowała wokół wartości średnich 6,2—8,1 dnia (tabela 17). Dopiero pod koniec badanego okresu, poza typem GT1c, zauważalne są pewne zmiany liczby dni z wydzielonymi typami pola ciśnienia. Obserwuje się zmniejszenie ich liczby na przełomie stuleci (szczególnie widoczne w typie GT3c) oraz pojedyncze lata z wyjątkowo dużą liczbą rozpatrywanych dni w ostatniej dekadzie wielolecia (GT3c i GT4c). Rezultatem tych zmian jest istotny statystycznie wzrost częstości pojawiania się wyżów w typie GT1c ($p < 0,05$) oraz wyraźny jej spadek w typie GT2c ($p < 0,01$).

Jak już wspomniano, wieloletnie zmiany liczby dni z poszczególnymi typami pola ciśnienia przypominają zmiany liczby dni z silnymi i bardzo silnymi wyżami występujące w Regionie Grenlandzkim. W szczególności dotyczy to zmian zachodzących w chłodnej połowie roku. Potwierdzają one opisywany w literaturze spadek ciśnienia w Arktyce oraz wzrost częstości pojawiania się układów cyklonalnych (Serreze i in. 2000; Przybylak 2007). Największy spadek ciśnienia, a zarazem częstości występowania układów wysokiego ciśnienia jest zauważalny w miesiącach jesiennych i zimowych (w niektórych obszarach Arktyki średnio przekraczają nawet 7 hPa; Walsh i in. 1996). Mniejsze zmiany stwierdzono w ciepłej połowie roku, a w centralnych obszarach Grenlandii czasami notowany jest nawet niewielki wzrost ciśnienia (Walsh i in. 1996).

5.2.2. Silne i bardzo silne wyży w Regionie Wyżu Azjatyckiego i Wyżu Azorskiego

Występowanie silnych i bardzo silnych wyżów w Regionach Wyżu Azorskiego (IIAW) i Azjatyckiego (IIAE) bardzo często związane jest z podobnym rozkładem ciśnienia, jak w przypadku Wyżu Grenlandzkiego (I). Takie jednocześnie występowanie silnych ośrodków wysokiego ciśnienia spowodowane jest dużą stabilnością Wyżu Azorskiego oraz powstawaniem silnych wyżów nad wychłodzonymi powierzchniami lądowymi Grenlandii i Azji w półroczu chłodnym, a także utrzymywaniem się Wyżu Grenlandzkiego nad lądolodem i przesunięciem się strefy wyżów podzwrotnikowych nad Azję w ciepłej połowie roku.

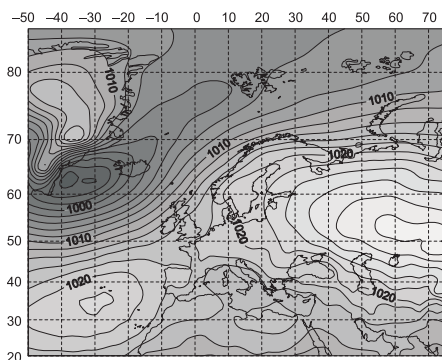
W chłodnej połowie roku największe podobieństwa widoczne są między rozkładem ciśnienia w dniach z badanymi układami w Regionie Grenlandzkim i Azjatyckim (tabela 18, ryc. 24, 28, zał. 2). W tych przypadkach występują bardzo podobne typy cyrkulacji, różniące się między sobą przede wszystkim wartościami ciśnienia w głównych ośrodkach barycznych, niewielkimi przesunięciami ich zasięgu oraz częstością pojawiania się danego typu cyrkulacji.

W regionie **Wyżu Azjatyckiego** najczęściej występował typ oznaczony jako **AET1z** (28,2% wszystkich dni z silnymi i bardzo silnymi wyżami), który był bardzo podobny do wydzielonego w regionie I typu **GT3z**. Najwyższe notowane tam ciśnienie niemal nie różniło się od występującego nad Grenlandią — 1065,7 hPa (25.11.1987), a liczba dni z ciśnieniem ≥ 1040 hPa, 1050 hPa i 1060 hPa była znacznie większa niż w pozostałych regionach (tabela 18). Duże podobieństwa są również zauważalne, gdy porównujemy typy **AET3z** i **GT1z** oraz **AET4z** i **GT4z** (ryc. 24, 28, zał. 2). Różnice między wymienionymi parami typów (**AET1z** i **GT3z**, **AET3z** i **GT1z** oraz **AET4z** i **GT4z**) dotyczyły głównie położenia układu niskiego ciśnienia. W typach wydzielonych dla Regionu Grenlandzkiego zwykle były one położone nad Skandynawią lub w bezpośrednim jej sąsiedztwie, natomiast w przypadku Regionu Wyżu Azjatyckiego — w rejonie Islandii, chociaż w typie **AET3z** w części przypadków Niżowi Islandzkiemu towarzyszył także Niż Skandynawski. W opisywanych typach cyrkulacji niższe wartości ciśnienia występowały w silnych i bardzo silnych wyżach w Regionie Wyżu Azjatyckiego, a w przypadku typu **AET4z** zwykle występował on raczej zimą, a nie jak w regionie I jesienią. Ostatni typ pola ciśnienia (**AET2z**) występował głównie w grudniu i stanowił ponad 27% przypadków (tabela 18). Podobnie jak w Regionie Grenlandzkim, ciśnienie w centrum Wyżu Azjatyckiego często miało wartość przekraczającą 1040 hPa, a 17.02.1991 r. osiągnęło

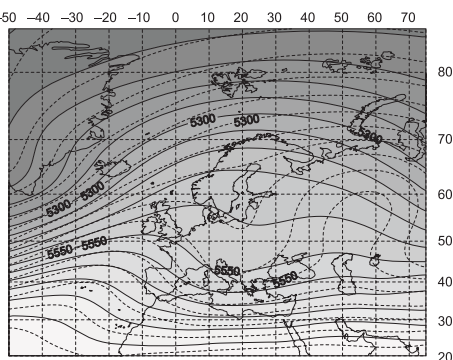
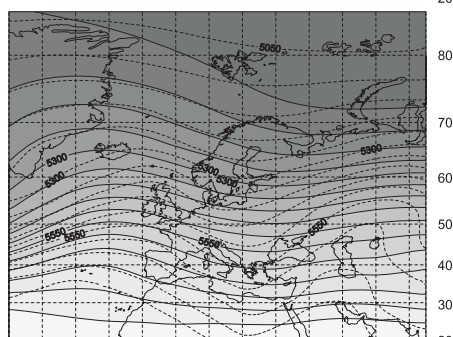
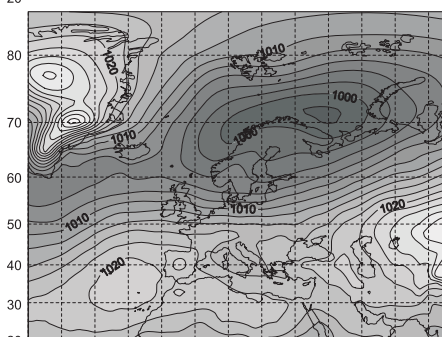
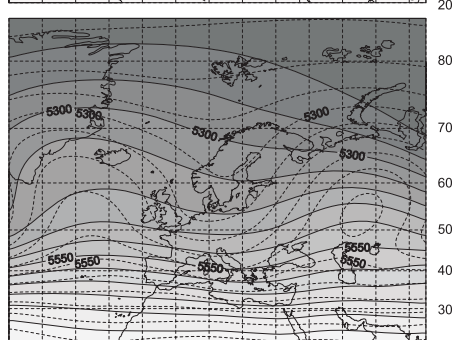
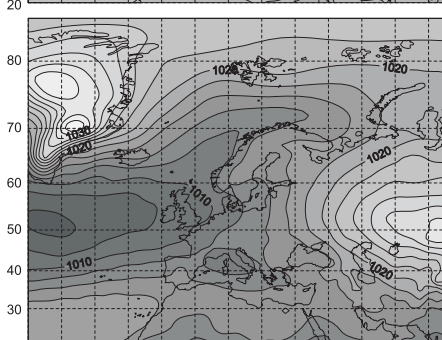
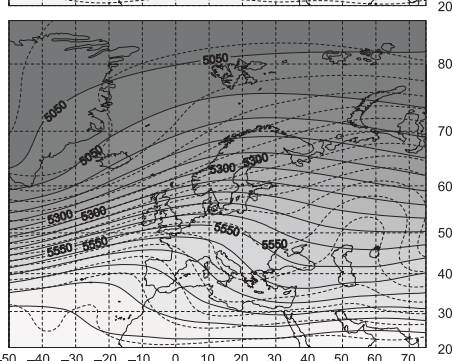
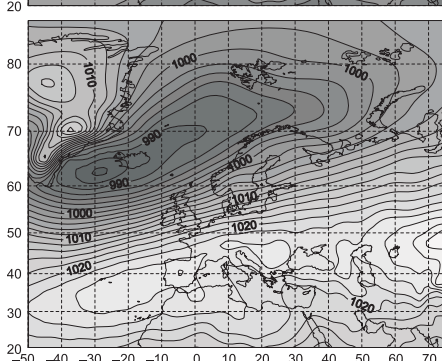
Ryc. 28. Typy rozkładu ciśnienia w dniach z silnymi lub bardzo silnymi wyżami w Regionie Wyżu Azjatyckiego (IIAE) w chłodnej połowie roku (X—III) w latach 1951—2010 — na poziomie morza (SLP) oraz na powierzchni izobarycznej 500 hPa

Fig. 28. Types of pressure distribution on days with strong or very strong highs in the Asian High region (IIAE) during the cool half of the year (Oct.—Mar.) in the period 1951—2010: At sea level (SLP) and at 500 hPa

SLP

AET1z
(28,2%)

500 hPa

AET2z
(27,7%)AET3z
(22,4%)AET4z
(21,7%)

— 1020 — ciśnienie na poziomie morza / sea level pressure [hPa]

(22,5%) częstość występowania / occurrence frequency

wysokość powierzchni izobarycznej 500 hPa [m g.p.] w wyżach o ciśnieniu:
height of 500 hPa isobaric level [m g.p.] for anticyclones with pressure:

— 5550 — ≥ 1030 hPa - - - 5560 - - - ≥ 1050 hPa

Tabela 18. Wybrane charakterystyki typów cyrkulacji w dniach z silnymi i bardzo silnymi wyzami występujących w Regionie Grenlandzkim (I), Azjatyckim (IIAE) i Azorskim (IIAW) w półroczu chłodnym (X—III) w latach 1951—2010

Table 18. Selected characteristics of circulation types on days with strong and very strong highs in the Greenland region (I), Asian region (IIAE) and the Azores region (IIAW) in the cool half of the year (Oct.—Mar.) in the period 1951—2010

Charakterystyki / Characteristics		Region Grenlandzki (I)		Region Wyzu Azjatyckiego (IIAE)		Region Wyzu Azorskiego (IIAW)	
Typ cyrkulacji / Circulation type		GT1z		AET3z		—	
Największa częstość / The highest frequency*		III		II—III		—	
Najwyższa wartość ciśnienia / The highest pressure value [hPa]		1074,2 (10.01.1956)		1062,4 (25.02.1951)		—	
Liczba dni z ciśnieniem \geq / Number of days with pressure [hPa] \geq							
1070		4		0		—	
1060		75		5		—	
1050		428		92		—	
1040		1082		557		—	
Typ cyrkulacji / Circulation type		GT2z		AET2z		AWT2z	
Największa częstość / The highest frequency*		XI—XII—I		XI—XII—I		XII—I	
Najwyższa wartość ciśnienia / The highest pressure value [hPa]		1066,3 (19.01.1958)		1059,7 (17.02.1991)		1048,2 (14.01.1983)	
Liczba dni z ciśnieniem \geq / Number of days with pressure [hPa] \geq							
1070		0		0		0	
1060		17		0		0	
1050		97		21		0	
1040		518		481		89	
Typ cyrkulacji / Circulation type		GT3z		AET1z		AWT3z	
Największa częstość / The highest frequency*		XI, II		X—XI		XII—I	
Najwyższa wartość ciśnienia / The highest pressure value [hPa]		1066,4 (19.01.1979)		1065,7 (25.11.1987)		1046,3 (5.02.1984)	
Liczba dni z ciśnieniem \geq / Number of days with pressure [hPa] \geq							
1070		0		0		0	
1060		1		14		0	
1050		58		184		0	
1040		435		874		41	
						32	
						1045,7 (27.01.1986)	
						XI, II	

Typ cyrkulacji / Circulation type	gT4z	AET4z	—
Najwyższa częstość / The highest frequency*	X	XII—I	—
Najwyższa wartość ciśnienia / The highest pressure value [hPa]	1066,9 (18.01.1958)	1058,3 (02.12.1974)	—
Liczba dni z ciśnieniem \geq / Number of days with pressure [hPa] \geq			
1070	0	0	—
1060	7	0	—
1050	59	27	—
1040	371	475	—
Typ cyrkulacji / Circulation type	—	—	AWT1z
Najwyższa częstość / The highest frequency*	—	—	X—XI, III
Najwyższa wartość ciśnienia / The highest pressure value [hPa]	—	—	1053,4 (28.01.2003)
Liczba dni z ciśnieniem \geq / Number of days with pressure [hPa] \geq			
1070	—	—	0
1060	—	—	0
1050	—	—	2
1040	—	—	62

* Miesiąc, w którym silne i bardzo silne wyże występowały wyjątkowo często; pogrubiono miesiące charakteryzujące się największą częstością / a month in which strong and very strong high pressure systems occurred extremely often; months with the highest frequency are marked in bold;
— typ nie występuje w danym regionie / a type was not noted in a given region.

1059,1 hPa. Analizowany typ pola ciśnienia był bardzo podobny do typu gT2z, a jego cechą charakterystyczną była strefa podwyższonego ciśnienia, obejmująca rozbudowany ku wschodowi Wyż Azorski oraz przesunięty na południe klin Wyżu Azjatyckiego.

W przypadku **Wyżu Azorskiego** trzy z czterech wydzielonych typów rozkładu pola ciśnienia wykazują podobieństwo do dwóch typów wydzielonych dla regionu I (Wyżu Grenlandzkiego) i IIaE (Wyżu Azjatyckiego), natomiast najczęściej występujący typ **awT1z** (29,2% wszystkich dni z silnymi i bardzo silnymi wyżami) towarzyszył tylko wyżom azorskim (tabela 18). Opisywany typ **awT1z** cechuje występowanie bardzo silnych i niezbyt rozległych wyżów nad Grenlandią, Azją i Azorami oraz bardzo wyraźny niż nad północną Skandynawią. Taki rozkład ciśnienia występował głównie jesienią (w październiku — 5,7%; w listopadzie — 5,2%) i w marcu (7,5% wszystkich przypadków). Wartości ciśnienia, jakie notuje się w rejonie występowania Wyżu Azorskiego, są zwykle znacznie niższe niż w silnych i bardzo silnych wyżach azjatyckich czy grenlandzkich.

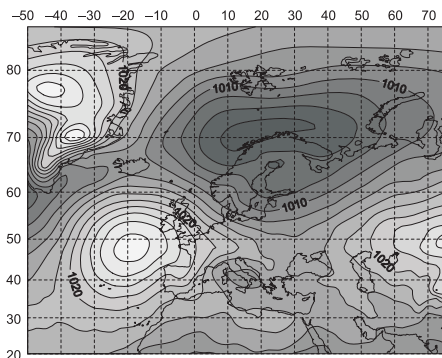
Najwyższa średnia dobowa wartość ciśnienia, jaka wystąpiła w półroczu chłodnym w Regionie Wyżu Azorskiego, związana była właśnie z opisywanym typem cyrkulacji (**awT1z**) i wynosiła 1053,4 hPa (28.01.2003). Ponadto jedynie temu typowi towarzyszyły wartości ciśnienia powyżej 1050 hPa, a ciśnienie powyżej 1040 hPa zanotowano w 62 z wszystkich 3278 dni z ciśnieniem ≥ 1030 hPa, jakie wystąpiły w analizowanym regionie.

Drugi pod względem częstości występowania typ pola ciśnienia **awT2z** (26,1%) był bardzo podobny do drugiego typu wydzielonego zarówno w Regionie Grenlandzkim, jak i Azjatyckim, oznaczonego odpowiednio gT2z i aET2z (tabela 18, ryc. 24, 28 i 29, zał. 2). Zaznacza się w nim wyraźny wyż nad Grenlandią i klin wyżu znad Azji, Wyż Azorski, dążący do połączenia się z Wyżem Azjatyckim, oraz dość głęboki niż nad północną Skandynawią. Różnice między wydzielonymi typami dotyczyły przede wszystkim intensywności Wyżu Azorskiego oraz Niżu Skandynawskiego. W typie wyodrębnionym dla Regionu Wyżu Azorskiego (aET2z) niż nad Skandynawią był bardzo głęboki, natomiast Wyż Azorski najsilniejszy, a powstały między nimi gradient ciśnienia wymuszał bardzo silny przepływ zachodni. W omawianym typie rozkładu pola ciśnienia najwyższe jego wartości notowano w regionie I (Region Grenlandzki) i tam też znacznie częściej notowano ciśnienie ≥ 1050 hPa i 1060 hPa. Jak już wcześniej wspomniano, znacznie niższe ciśnienie występowało w Regionie Wyżu Azorskiego (najwyższe zanotowane tam to 1048,2 hPa w dniu 14.01.1983), a wartość 1040 hPa przekroczona została zaledwie 89 razy.

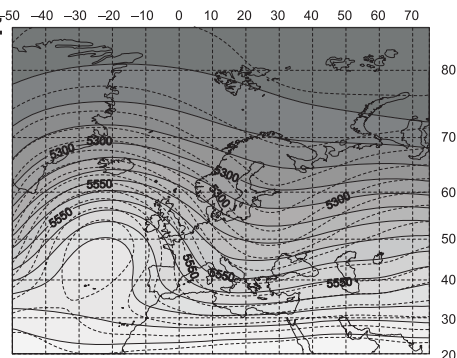
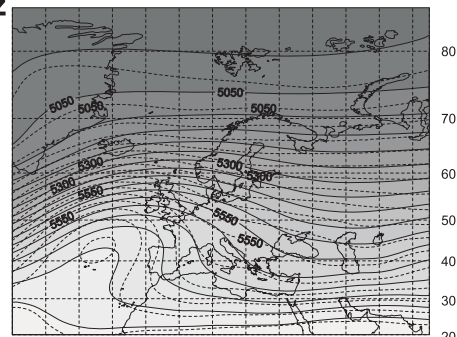
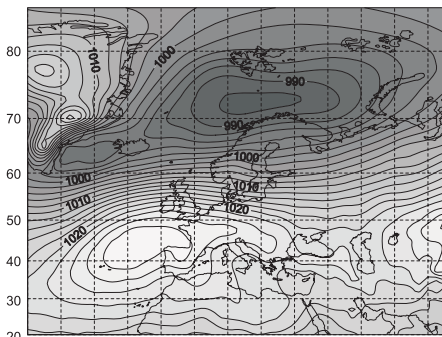
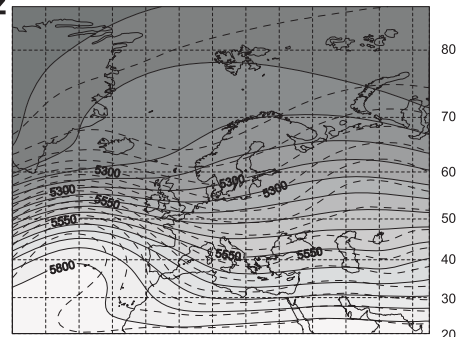
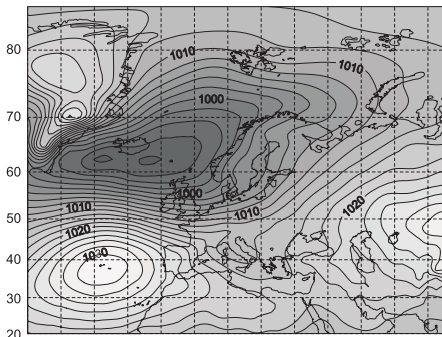
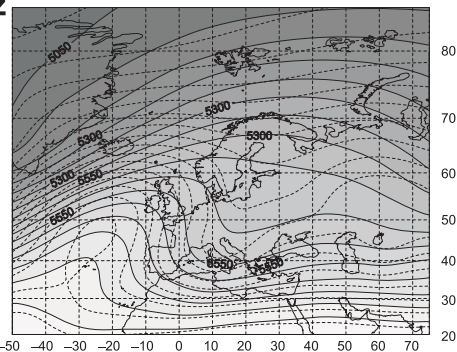
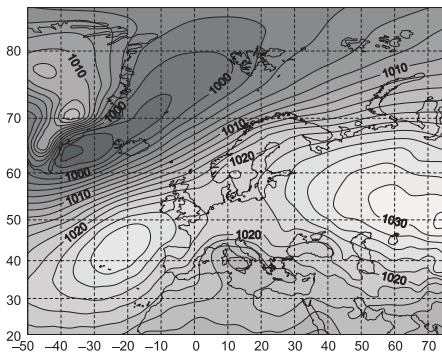
Ryc. 29. Typy rozkładu ciśnienia w dniach z silnymi lub bardzo silnymi wyżami w Regionie Wyżu Azorskiego (IIaW) w chłodnej połowie roku (X—III) w latach 1951—2010 — na poziomie morza (SLP) oraz na powierzchni izobarycznej 500 hPa

Fig. 29. Types of pressure distribution on days with strong or very strong highs in the Asian High region (IIaW) during the cool half of the year (Oct.—Mar.) in the period 1951—2010: At sea level (SLP) and at 500 hPa

SLP

AWT1z
(29,2%)

500 hPa

AWT2z
(26,1%)AWT3z
(22,7%)AWT4z
(22,0%)

— 1020 — ciśnienie na poziomie morza / sea level pressure [hPa]

(22,5%) częstość występowania / occurrence frequency

wysokość powierzchni izobarycznej 500 hPa [m g.p.] w wyżach o ciśnieniu:
height of 500 hPa isobaric level [m g.p.] for anticyclones with pressure:

— 5550 — ≥ 1030 hPa - - - 5560 - - - ≥ 1040 hPa

Dwa kolejne typy — **awT3z** i **awT4z** — łącznie stanowiły prawie połowę wszystkich przypadków (44,8%), jednak ciśnienie było znacznie niższe i nie przekraczało 1050 hPa (**awT3z** — 1046,3 hPa w dniu 5.02.1984, **awT4z** — 1045,7 hPa w dniu 27.01.1986). Typy te były podobne do typu **gT3z** oraz **aET1z** (ryc. 24, 28 i 29, zał. 2). W tym rozkładzie pola ciśnienia bardzo wyraźnie zarysowują się wszystkie najważniejsze układy baryczne, a różnice między regionami były podobne jak w przypadku typu **awT2z**. Największy gradient ciśnienia między Wyżem Azorskim a Niżem Islandzkim był widoczny w dniach z silnymi i bardzo silnymi wyżami występującymi w Regionie Wyżu Azorskiego (**awT3z** i **awT4z**), natomiast klin Wyżu Azjatyckiego był najbardziej rozległy w typie **gT3z** wydzielonym dla Regionu Grenlandzkiego.

Podobnie jak w Regionie Grenlandzkim (I), silne i bardzo silne wyże w Regionie Wyżu Azjatyckiego (IIAE) i Azorskiego (IIAW) często były układami niskimi lub średnimi, co potwierdza prawidłowości ich zasięgu pionowego opisywane w literaturze (Degirmendžić 1998; Zarrin i in. 2010). W regionie IIAE do wyżów wysokich zaliczały się jedynie niektóre wyże, w których ciśnienie wewnątrz układu przekraczało 1050 hPa (szczególnie w typie **aET3z**). W przypadku Wyżu Azorskiego większość wyżów wysokich, które zazwyczaj były układami znacznie słabszymi niż w pozostałych dwóch regionach, z wyjątkiem wyżów w typie **awT3z**, należy zaliczyć do układów wysokich.

Tabela 19. Tendencja zmian liczby dni z wydzielonymi typami cyrkulacji w wybranych regionach antycyklonalnych w półroczu chłodnym (X—III) w latach 1951—2010

Table 19. Trend of change in the number of days with identified circulation types in selected anticyclonic regions in the cool half of the year (Oct.—Mar.) in the period 1951—2010

Charakterystyki / Characteristics	Region Grenlandzki (I)	Region Wyżu Azjatyckiego (IIAE)	Region Wyżu Azorskiego (IIAW)	
Typ cyrkulacji / Circulation type	gT1z	aET3z	—	
Wartość tendencji [liczba dni / 10 lat] Tendency [number of days / 10 years]	-2,36	-3,16	—	
Typ cyrkulacji / Circulation type	gT2z	aET2z	awT2z	
Wartość tendencji [liczba dni / 10 lat] Tendency [number of days / 10 years]	1,04	1,76	2,23	
Typ cyrkulacji / Circulation type	gT3z	aET1z	awT3z	awT4z
Wartość tendencji [liczba dni / 10 lat] Tendency [number of days / 10 years]	-1,69	-0,77	0,77	0,23
Typ cyrkulacji / Circulation type	gT4z	aET4z	—	
Wartość tendencji [liczba dni / 10 lat] Tendency [number of days / 10 years]	-0,68	4,76*	—	
Typ cyrkulacji / Circulation type	—	—	awT1z	
Wartość tendencji [liczba dni / 10 lat] Tendency [number of days / 10 years]	—	—	-0,99	

1,76 — wartości istotne statystycznie na poziomie 0,05 / values statistically significant at $p < 0.05$;

4,76* — wartości istotne statystycznie na poziomie 0,01 / values statistically significant at $p < 0.01$;

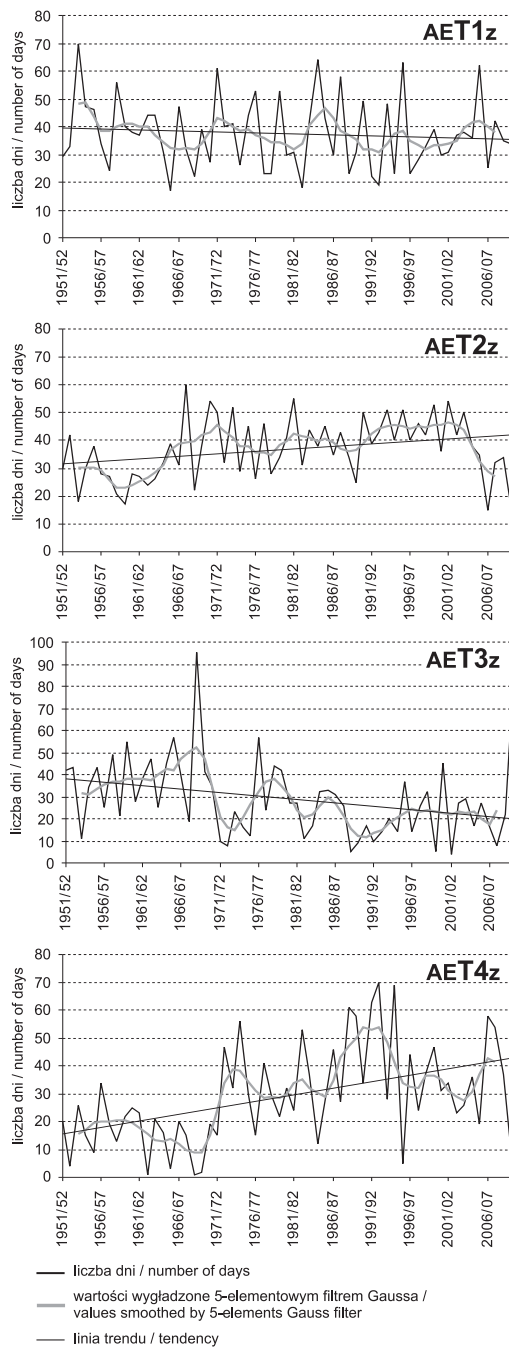
— typ nie występuje w danym regionie / type does not exist in particular region.

Wieloletnie zmiany liczby dni z silnymi i bardzo silnymi wyżami w wydzielonych typach cyrkulacji wskazują na dość duże zróżnicowanie. Najbardziej zbliżony wieloletni przebieg liczby dni z określonym typem pola ciśnienia widoczny jest w przypadku wspólnego dla Regionu Grenlandzkiego i Regionu Wyżu Azjatyckiego typu gT1z i aET3z. W obu regionach średnia liczba dni z tymi typami cyrkulacji była podobna i wynosiła odpowiednio 25,4 dnia i 28,8 dnia, a tendencja zmian wskazuje na silny spadek liczby analizowanych dni ($-2,36$ dnia / 10 lat i $-3,16$ / 10 lat; istotny statystycznie na poziomie $p < 0,05$). Można także zauważyć występowanie trzech okresów zwiększonej liczby wspomnianych typów oraz znaczną częstość ich pojawienia się w sezonie 2009/2010 (tabela 19, ryc. 25, 30 i 31). W obu regionach najczęściej opisywanych dni wystąpiło w pierwszych dwudziestu latach; wtedy to zanotowano aż 62 takie dni nad Grenlandią (w sezonie 1965/1966) oraz 100 dni w Regionie Wyżu Azjatyckiego w sezonie 1968/1969.

Z kolei w podobnym dla wszystkich trzech regionów typie drugim (T2z) wyraźny jest wzrost liczby dni z takim rozkładem ciśnienia. Wynosił on odpowiednio 1,04 dnia / 10 lat (nieistotny statystycznie) dla regionu I, 1,76 dnia / 10 lat w regionie IIAE i 2,23 dnia / 10 lat w regionie IIAW (istotny na poziomie $p < 0,05$). Mimo że podobieństwo zmian w poszczególnych latach nie jest zbyt duże, we wszystkich wymienionych regionach zauważa się zmniejszoną liczbę dni z omawianym typem przed 1970 r., nieco większą częstość ich występowania mniej więcej do końca XX w. i jej spadek w ostatniej dekadzie wielolecia (tabela 19, ryc. 25, 30 i 31). W Regionie Grenlandzkim i Wyżu Azjatyckiego liczba dni z tym typem cyrkulacji jest dość duża (średnio 25,1 dnia oraz 36,9 dnia), a najczęściej takich dni zanotowano w podobnym okresie, odpowiednio w sezonie 1974/1975 (43 dni) i 1967/1968 (60 dni). W trzecim regionie średnio występowało zaledwie 14,4 analizowanych dni w ciągu roku, a najczęściej (52 dni) wystąpiło w chłodnym półroczu 1988/1989.

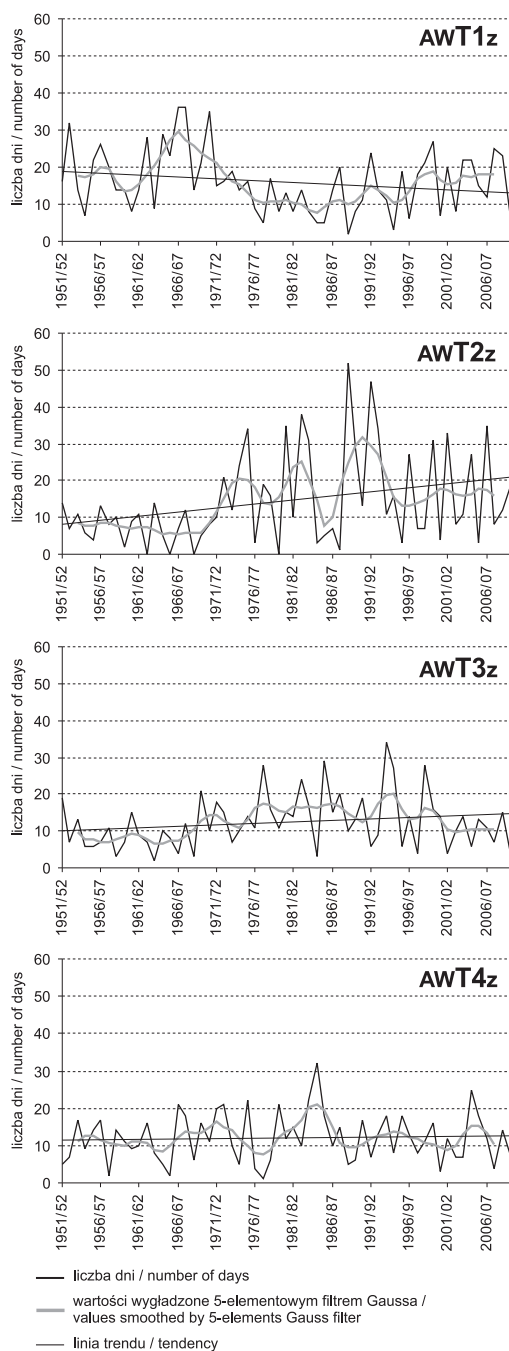
Wieloletni przebieg liczby dni z podobnym dla wszystkich regionów rozkładem pola ciśnienia (gT3z, aET1z, aWT3z, aWT4z) jest już o wiele bardziej zróżnicowany. W Regionie Grenlandzkim i Regionie Wyżu Azjatyckiego dni z takim typem cyrkulacji pojawiały się coraz rzadziej (ryc. 25 i 30). Spadek ten wynosił odpowiednio $-1,69$ dnia / 10 lat i $-0,77$ dnia / 10 lat, chociaż tylko w przypadku Regionu Grenlandzkiego jest on istotny statystycznie ($p < 0,05$). Natomiast w Regionie Wyżu Azorskiego liczba tych dni (średnio około 12 rocznie, przy 21,5 dnia w regionie I i 37,6 dnia w regionie IIAW) prawie nie zmieniała się w wieloleciu, a nawet nieco wzrastała, chociaż nie jest to zmiana istotna statystycznie (ryc. 31).

Rozkład ciśnienia, w którym na południu badanego obszaru występuje strefa wysokiego ciśnienia połączonego Wyżu Azorskiego i Azjatyckiego, jest wspólnym typem Regionu Grenlandzkiego i Wyżu Azjatyckiego (gT4z i aET4z). Jednak wieloletnia zmienność liczby dni z takim typem pola ciśnienia zupełnie różni się dla obu regionów (ryc. 25 i 30). Jak już wcześniej stwierdzono, w pierwszym przypadku (w regionie I) zmiany są bardzo niewielkie i nieistotne statystycznie (średnia roczna liczba takich dni to 20,8, a największa — 45). Natomiast roczna liczba dni z silnymi i bardzo silnymi wyżami w tym typie cyrkulacji w Regionie Wyżu Azjatyckiego (aET4z) do 1970 r. rzadko przekraczała 20, aby następnie znacznie wzrosnąć



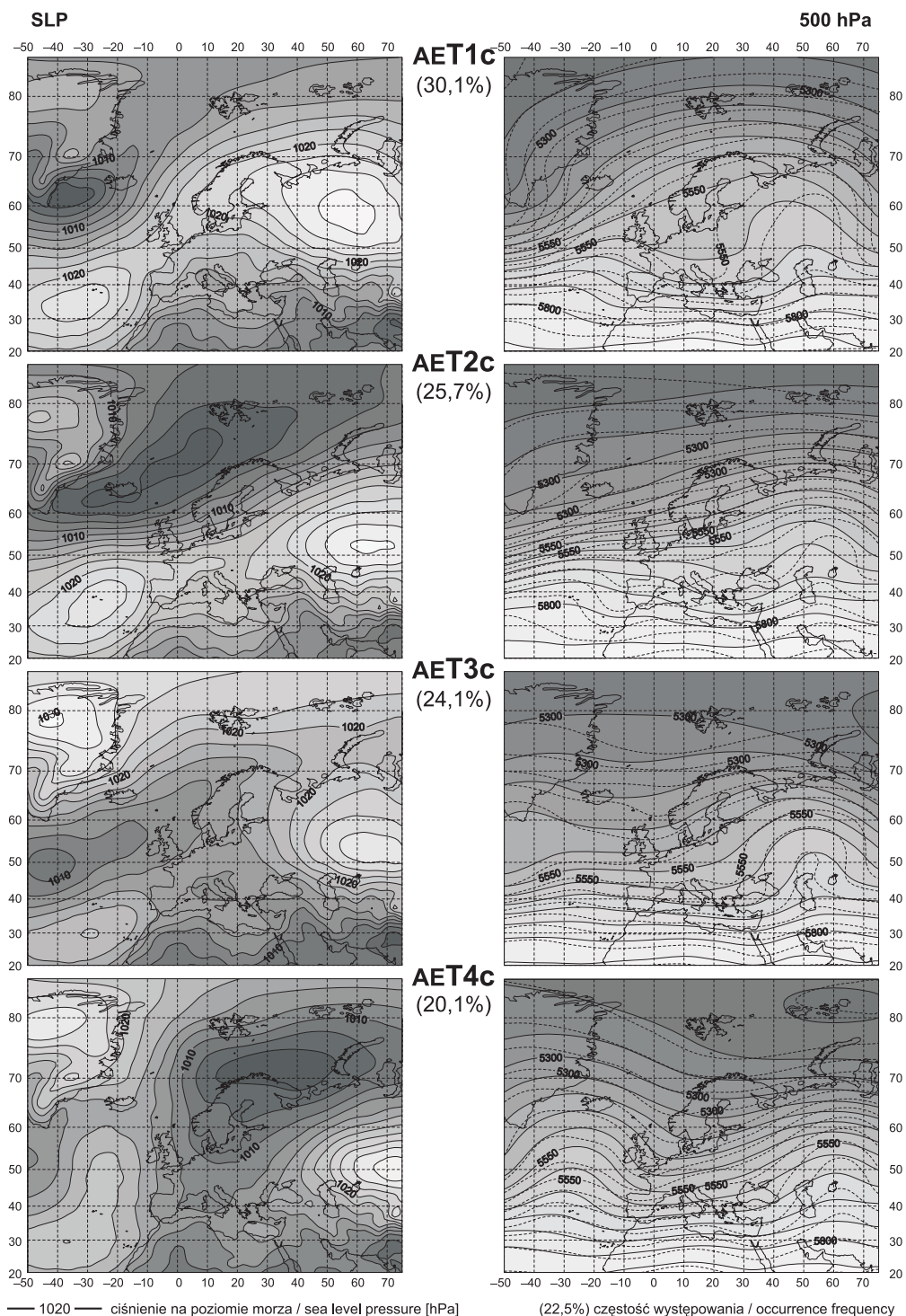
Ryc. 30. Liczba dni z wydzielonymi typami cyrkulacji występującymi w dniach z silnymi i bardzo silnymi wyżami w Regionie Wyżu Azjatyckiego (IIAE) w półroczu chłodnym (X—III) w latach 1951—2010

Fig. 30. Number of days with specific circulation types on days with strong and very strong highs in the Asian High region (IIAE) in the cool half of the year (Oct.—Mar.) in the period 1951—2010



Ryc. 31. Liczba dni z wydzielonymi typami cyrkulacji występującymi w dniach z silnymi i bardzo silnymi wyżami w Regionie Wyżu Azorskiego (IIAW) w półroczu chłodnym (X—III) w latach 1951—2010

Fig. 31. Number of days with specific circulation types on days with strong and very strong highs in the Azores region (IIAW) in the cool half of the year (Oct.—Mar.) in the period 1951—2010



i utrzymywać się na średnim poziomie około 35 dni rocznie do końca wielolecia. Najwięcej, bo 70 takich dni, wystąpiło w 1992/1993 r. W rezultacie wzrost ich liczby wyniósł 4,76 dnia / 10 lat i był istotny statystycznie na poziomie $p < 0,01$ (tabela 19). Opisana rozbieżność trendów najprawdopodobniej wynika z bardzo wyraźnego zmniejszenia się liczby dni z silnymi wyżami, jakie charakteryzowało Region Grenlandzki (I), i wzrostu liczby badanych układów w Regionie Wyżu Azjatyckiego (IIAE). Zmiany te były bardzo charakterystyczne dla tych obszarów. Dotyczy to głównie spadku liczby badanych dni nad Grenlandią, który zaznaczył się aż w trzech z czterech wydzielonych dla tego regionu typów cyrkulacji.

W przypadku ostatniego z analizowanych typów pola ciśnienia, wydzielonego dla Regionu Wyżu Azorskiego typu **AwT1z**, nie stwierdzono wyraźnych zmian liczby dni, w których on występował (tabela 19, ryc. 31). Jednak można zauważyć, że do 1970 r. ich liczba była większa niż w latach późniejszych. W całym wieloleciu średnia roczna liczba analizowanych dni wynosiła 16,1, chociaż w pierwszych dwudziestu latach była wyższa i osiągała około 20 dni (z maksimum 36 dni w sezonach 1966/1967 i 1967/1968), a później około 14 dni.

W półroczu ciepłym (IV—IX), zarówno w Regionie Wyżu Azjatyckiego, jak i Wyżu Azorskiego, rozkład pola ciśnienia związany z występowaniem silnych i bardzo silnych wyżów różni się znacznie od typów wydzielonych dla Regionu Grenlandzkiego. Duże różnice zaznaczyły się również między obu regionami.

Typy pola ciśnienia w dniach z silnymi i bardzo silnymi wyżami występującymi w Regionie **Wyżu Azjatyckiego** (IIAE) wyróżniały ich położenie i intensywność (ryc. 32, zał. 3). W przypadku opisanych wcześniej typów wydzielonych dla Regionu Grenlandzkiego (ryc. 26, zał. 3) oraz typów dla Regionu Wyżu Azorskiego (ryc. 33, zał. 3) Wyż Azjatycki występował jako słaby układ baryczny lub w postaci klina wyżowego. Natomiast w dniach, w których układ ten zaliczał się do silnych lub bardzo silnych wyżów występujących w Regionie Azjatyckim, jego centrum zwykle przesunęło się nad Uralem w kierunku Europy i swoim zasięgiem obejmował on wschodnią Europę, a nawet Skandynawię. Towarzyszący mu Wyż Azorski zazwyczaj był układem nieco słabszym, a jego centrum położone było na Atlantyku poniżej 40°N. Kolejnymi ważnymi cechami wyróżniającymi wydzielone dla tego regionu (IIAE) typy cyrkulacji są położenie rozległego niżu na Północnym Atlantyku oraz wartości ciśnienia w Wyżu Grenlandzkim.

Biorąc pod uwagę wymienione wcześniej cechy, wydzielone typy pola ciśnienia można podzielić na dwie pary. Pierwsza z nich to **typ AET1c** stanowiący 30,1% wszystkich przypadków i **AET3c**, do którego należało 24,1% dni z silnymi i bardzo silnymi wyżami w Regionie Wyżu Azjatyckiego (ryc. 32, zał. 3). W obu podanych

Ryc. 32. Typy rozkładu ciśnienia w dniach z silnymi lub bardzo silnymi wyżami w Regionie Wyżu Azjatyckiego (IIAE) w ciepłej połowie roku (IV—IX) w latach 1951—2010 — na poziomie morza (SLP) oraz na powierzchni izobarycznej 500 hPa

Fig. 32. Types of pressure distribution on days with strong or very strong highs in the Asian High region (IIAE) in the warm half of the year (Apr.—Sep.) in the period 1951—2010: At sea level (SLP) and at 500 hPa

-50 -40 -30 -20 -10 0 10 20 30 40 50 60 70



wysokość powierzchni izobarycznej 500 hPa [m g.p.] w wyżach o ciśnieniu:
height of 500 hPa isobaric level [m g.p.] for anticyclones with pressure:

-50 -40 -30 -20 -10 0 10 20 30 40 50 60 70



— 5550 — ≥ 1030 hPa - - - 5560 - - - ≥ 1035 hPa

typach Wyż Azjatycki jest silnym i bardzo rozległym układem sięgającym aż po Skandynawię (szczególnie w typie AET1c), natomiast centrum głębokiego układu niskiego ciśnienia zlokalizowane jest na południe od Grenlandii. Typ AET3c różni się od typu AET1c najwyższymi wartościami ciśnienia w Wyżu Grenlandzkim i w Wyżu Azjatyckim. Jedynie w typie AET3c opisywane wartości ciśnienia przekroczyły 1050 hPa. Miało to miejsce na początku kwietnia 1966 r., kiedy w bardzo silnym wyżu przez trzy dni (1—3 kwietnia) utrzymywało się ciśnienie wyższe niż 1050 hPa (z maksimum 1054,3 hPa w dniu 2.04.1966). Nieco niższe wartości ciśnienia (≥ 1040 hPa) występowały jeszcze 24 razy, podczas gdy w częściej występującym typie AET1c takie wartości notowano jedynie w 20 dniach (najwyższe ciśnienie 1047,9 hPa wystąpiło 16.04.2003).

W pozostałych dwóch typach rozkładu pola ciśnienia, AET2c (25,7%) i AET4c (20,1%), Wyż Azjatycki był bardziej przesunięty na południe, a centrum rozległego niżu występowało na północny zachód (AET2c) lub północny wschód (AET4c) od Skandynawii (ryc. 32, zał. 3). W typie AET2c powodowało to powstanie znacznego gradientu ciśnienia i silnego przepływu zachodniego nad Europą. Typ AET4c wyróżniał się położeniem Wyżu Azorskiego, który szerokim klinem skierowany był na północ, prawie łącząc się z Wyżem Grenlandzkim. W ten sposób nad Europą Zachodnią dominował przepływ powietrza o składowej północnej, natomiast nad środkową i wschodnią częścią kontynentu dominował przepływ z południowego zachodu. Wartości ciśnienia w Regionie Wyżu Azjatyckiego były podobne w obu typach. Najwyższe z nich występowały w kwietniu i wynosiły 1047,9 hPa (7.04.1960) w typie AET2c oraz 1048,5 hPa (1.04.1969) w typie AET4c, chociaż w ostatnim z nich wartości przekraczające 1040 hPa notowano rzadziej niż w typie AET2c (odpowiednio 14 i 20 dni).

Należy również wspomnieć, że większość wyżów w Regionie Wyżu Azjatyckiego występowała w kwietniu (57,5% wszystkich przypadków półroczą ciepłego). Również w poszczególnych typach kwietniowe wyże stanowiły największy odsetek rozpatrywanych układów, stanowiąc 11,4—15,9% (wszystkich przypadków półroczą ciepłego). Wyjątek stanowiły silne wyże występujące w typie AET2c, które częściej notowano we wrześniu 11,9%. W typach AET1c i AET3c dość często występowały one także w maju (odpowiednio 8,2% i 6,6%) i we wrześniu (5,8% i 1,9%), natomiast w typie AET4c — we wrześniu oraz maju (2,3% i 1,8%). W miesiącach letnich tak silne wyże występowały sporadycznie, a w lipcu w ogóle nie były notowane.

Wśród typów cyrkulacji w dniach z silnymi i bardzo silnymi wyżami występującymi w **Regionie Wyżu Azorskiego** również można wyróżnić dwie pary podobnego rozkładu pola ciśnienia: **typy AWT1c i AWT3c**, w których dominującym układem jest Wyż Azorski obejmujący swoim zasięgiem Europę Zachodnią, a w ty-

Ryc. 33. Typy rozkładu ciśnienia w dniach z silnymi lub bardzo silnymi wyżami w Regionie Wyżu Azorskiego (IIaw) w ciepłej połowie roku (IV—IX) w latach 1951—2010 — na poziomie morza (SLP) oraz na powierzchni izobarycznej 500 hPa

Fig. 33. Types of pressure distribution on days with strong or very strong highs in the Azores region (IIaw) in the warm half of the year (Apr.—Sep.) in the period 1951—2010: At sea level (SLP) and at 500 hPa

pie aWT1c sięgający klinem nawet do Europy Wschodniej (ryc. 33, zał. 3). W obu typach nie zauważa się występowania Wyżu Azjatyckiego ani wyraźniej zaznaczonego wyżu nad Grenlandią, chociaż w typie aWT3c północne krańce badanego obszaru pozostają pod wpływem strefy nieco podwyższonego ciśnienia, która klinem sięga do Europy Wschodniej. W tym typie cyrkulacji nad Atlantykiem zaznacza się również słaby Niż Islandzki, podczas gdy w typie aWT1c słaby ośrodek obniżonego ciśnienia widoczny jest nad Grenlandią. Rozkład ciśnienia w **typach aWT2c i aWT4c** jest podobny do ich odpowiedników w Regionie Wyżu Azjatyckiego. W obu przypadkach zaznaczają się wszystkie trzy wyże: Grenlandzki, Azjatycki i Azorski, oraz niż w pobliżu Skandynawii. Jednak w tym przypadku w dwóch pierwszych wyżach wartości ciśnienia nie są zbyt wysokie, a silnym układem jest Wyż Azorski.

Częstość występowania typów rozkładu ciśnienia wydzielonych dla Regionu Wyżu Azorskiego wyróżnia się wśród dotychczas omówionych regionów. Najczęściej występuje typ aWT1c, który stanowi aż 39,8% wszystkich przypadków, a jeżeli dodamy do niego częstość typu aWT3c (20,4%), to przekraczają one 60% rozpatrywanych dni. Częstość występowania typów aWT2c i aWT4c jest podobna do częstości występowania typu aWT3c i wynosi odpowiednio 21,8% i 18,0%. We wszystkich przypadkach wartości ciśnienia w Wyżu Azorskim nie były zbyt wysokie i sięgały od 1040,7 hPa (25.05.1956) w typie aWT1c do 1041,2 hPa (14.05.1962) w typie aWT4c, a wartość 1040 hPa została przekroczona zaledwie 7 razy.

W przebiegu rocznym analizowane wyże najczęściej pojawiały się w kwietniu (22,6% wszystkich przypadków), ale niewiele mniej liczne były wyże z maja, czerwca i lipca (19,1—20,4%). Natomiast w sierpniu i wrześniu występowało tylko po około 9% badanych układów. Wśród wydzielonych wyróżniał się typ aWT1c pojawiający się najczęściej w lipcu (18,7%), czerwcu (12,5%) oraz sierpniu (6,1%). Pozostałe typy najczęściej występowały w kwietniu lub maju (5,3—8,7%), a typ aWT2c — w kwietniu i wrześniu (odpowiednio 6,7% i 6,4%).

Podobnie jak w chłodnej połowie roku, w półroczu ciepłym silne i bardzo silne wyże występujące w Regionie Wyżu Azjatyckiego i Azorskiego były układami niskimi lub średnimi. Jedynie w przypadku Wyżu Azorskiego typu aWT4c pojawiały się

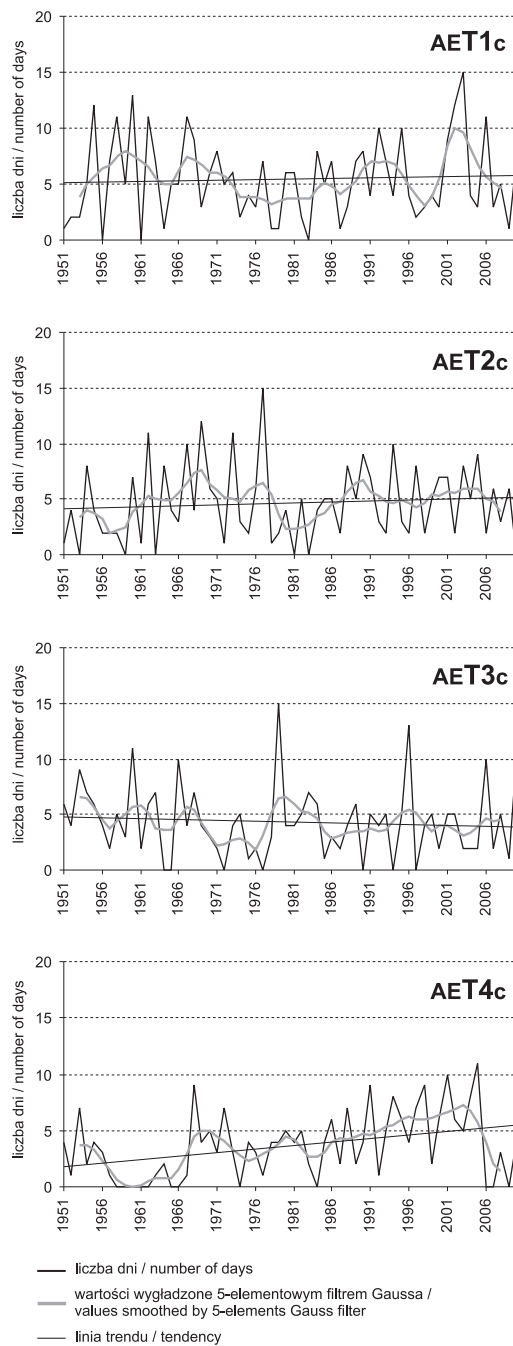
Tabela 20. Tendencja zmian liczby dni z wydzielonymi typami cyrkulacji [liczba dni / 10 lat] w wybranych regionach antycyklonalnych w półroczu ciepłym (IV—IX) w latach 1951—2010

Table 20. Trend of change in the number of days with identified circulation types [number of days / 10 years] in selected anticyclonic regions in the warm half of the year (Apr.—Sep.) in the period 1951—2010

Typ cyrkulacji / Circulation type	Region Grenlandzki (I)	Region Wyżu Azjatyckiego (IIAE)	Region Wyżu Azorskiego (IIAE)
T1	0,41	0,11	-1,23
T2	-0,97	0,19	0,90*
T3	-0,14	-0,15	0,05
T4	0,49	0,62*	0,28

-0,97 — wartości istotne statystycznie na poziomie 0,05 / values statistically significant at $p < 0.05$;

-0,90* — wartości istotne statystycznie na poziomie 0,01 / values statistically significant at $p < 0.01$.



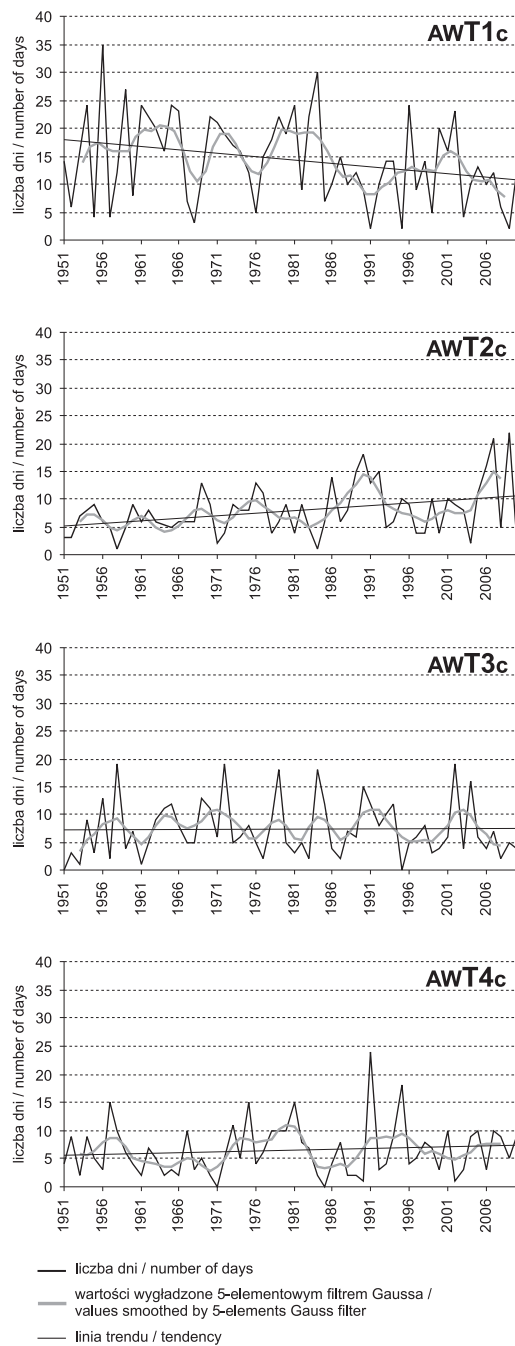
Ryc. 34. Liczba dni z wydzielonymi typami cyrkulacji występującymi w dniach z silnymi i bardzo silnymi wyżami w Regionie Wyżu Azjatyckiego (IIAE) w półroczu ciepłym (IV—IX) w latach 1951—2010

Fig. 34. Number of days with specific circulation types on days with strong and very strong highs in the Asian High region (IIAE) in the warm half of the year (Apr.—Sep.) in the period 1951—2010

układy wysokie. W obu rozpatrywanych regionach antycyklonalnych (Azjatyckim i Azorskim) wieloletnie zmiany liczby dni z silnymi i bardzo silnymi wyżami występującymi podczas poszczególnych typów pól ciśnienia były niewielkie i z reguły nieistotne statystycznie (tabela 20). Najbardziej wyrównany przebieg liczby badanych dni cechował Region Wyżu Azjatyckiego (ryc. 34). Średnia roczna liczba analizowanych dni wahała się od 3,6 w typie AET4c do 5,5 w typie AET1c, podczas gdy wartości maksymalne wynosiły 15 dni w typach AET1c i AET3c (odpowiednio w latach: 2003, 1977 i 1979) oraz 11 dni w typie AET4c w 2005 r. W trzech z wyróżnionych typów liczba dni z silnymi i bardzo silnymi wyżami wzrastała, a tylko w typie AET3c stwierdzono niewielki ich spadek w wieloleciu. Opisywane zmiany zwykle zachodziły stopniowo. Wyraźnie mniejszą liczbę opisywanych dni zauważa się tylko na początku wielolecia oraz po 2006 r. w typie AET4c, a także (słabiej zarysowaną) w środkowym jego okresie w typie AET1c. Warto także dodać, że wzrost liczby badanych dni w typie AET4c był istotny statystycznie i wynosił 0,62 dnia na 10 lat ($p < 0,01$). W typie AET2c więcej badanych wyżów występowało po 1980 r., chociaż większe zmiany z roku na rok oraz największą liczbę (15 dni w 1977 r.) tych układów obserwowano w pierwszej połowie wielolecia.

W Regionie Wyżu Azorskiego wyraźne zmiany widoczne są w typie AWT1c i AWT2c, natomiast w pozostałych dwóch przypadkach częstość występowania silnych i bardzo silnych wyżów nie wykazuje tendencji istotnych statystycznie, a nawet trudno wskazać dłuższe okresy zwiększonej lub mniejszej ich liczby (ryc. 35). W typach, w których opisywane zmiany były największe (i istotne statystycznie), spadek (w typie AWT1c) i wzrost (w typie AWT2c) liczby analizowanych dni wynosił odpowiednio -1,23 dnia i 0,90 dnia / 10 lat ($p < 0,05$ i $p < 0,01$). Średnia liczba badanych dni była podobna w trzech z czterech typów (AWT2c — AWT4c) i wahała się od 6,5 dnia w typie AWT4c (najwyższa wystąpiła w 1991 r. i wynosiła 24 dni) do 8,0 w typie AWT2c (z najwyższą 22 dni w 2008 r.). W najczęściej występującym typie AWT1c (39,8%) średnia roczna liczba rozpatrywanych dni była znacznie wyższa (14,3 dnia), a najwięcej analizowanych wyżów (35 dni) wystąpiło w 1956 r. W typie o najbardziej wyrównanym przebiegu (AWT3c) średnia liczba badanych dni wynosiła 7,4 dnia, a najwięcej silnych i bardzo silnych wyżów notowano w latach 1972 i 2002 — 19 dni.

Rozpatrując występowanie wydzielonych typów pola ciśnienia zarówno w Regionie Wyżu Azjatyckiego (IIAE), jak i Azorskiego (IIAW), należy pamiętać, że analizowano wyjątkowo silne układy baryczne. Oznacza to, że nie oddają one w pełni wszystkich cech przestrzennej i wieloletniej zmienności wyżów występujących w obu regionach. Można jednak zauważyć, że niektóre zmiany są zbieżne z wynikami otrzymanymi przez innych badaczy, np. zmiany położenia Wyżu Azorskiego, który w chłodnej porze roku przesuwa się w kierunku północno-wschodnim, aby latem zbliżyć się do wschodnich wybrzeży Stanów Zjednoczonych (Davis i in. 1997; Katsoulis i in. 1998). Podobne są tendencje niektórych zmian wieloletnich, które potwierdzają spadek liczby sytuacji blokujących na Atlantyku i w pobliżu Wysp Brytyjskich zwłaszcza w ciepłej połowie roku (AWT1z i AWT1c) oraz wzrost częstości występowania wyżów w zachodniej i środkowej Europie (AWT2z i AWT2c), któremu towarzyszy zwiększenie częstości przepływu południkowego (Davis i in. 1997).



Ryc. 35. Liczba dni z wydzielonymi typami cyrkulacji występującymi w dniach z silnymi i bardzo silnymi wyżami w Regionie Wyżu Azorskiego (IIAW) w półroczu ciepłym (IV—IX) w latach 1951—2010

Fig. 35. Number of days with specific circulation types on days with strong and very strong highs in the Azores region (IIAW) in the warm half of the year (Apr.—Sep.) in the period 1951—2010

W przypadku typów wydzielonych dla Regionu Wyżu Azjatyckiego (IIAE) mogą one w pewnym stopniu potwierdzić spadkową tendencję pojawiania się klinów Wyżu Syberyjskiego nad Skandynawią (AET1z i AET1c) oraz — co jest znacznie bardziej zauważalne — wzrost częstości występowania klinów wspomnianego wyżu nad Bałkanami (AET2z, AET4z i AET4c; Degirmendzić 1998). Trudno natomiast dostrzec obserwowany od lat 70. minionego wieku (według niektórych autorów, dopiero od 1980 r.) spadek ciśnienia w Wyżu Azjatyckim (Sahsamanoglou i in. 1991; Gong i Ho 2002; Panagiotopoulos i in. 2005). Brak wyraźnych zmian (poza typem AET4c) w cieplej połowie roku odzwierciedla natomiast zmianę cyrkulacji nad Azją (zanik Wyżu Azjatyckiego) oraz ogólnie małą liczbę najsilniejszych przypadków tego układu barycznego (Jones i Cohen 2011).

5.2.3. Silne wyże w Regionie Islandzkim

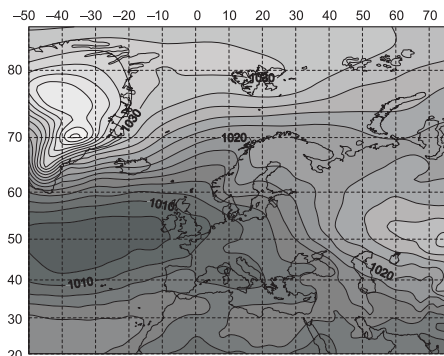
Występowanie wysokich wartości ciśnienia w dwóch kolejnych regionach: Islandzkim (IIIA) i Południowym (IV), związane jest z silnymi i bardzo silnymi wyżami w obszarach sąsiednich. W przypadku Regionu Islandzkiego są to zwykle wyże nad Grenlandią lub Skandynawią, które swoim zasięgiem obejmują obszar rozciągający się między Islandią, Skandynawią a Svalbardem. Jedynie w sporadycznych przypadkach Wyż Grenlandzki oddziałuje również na obszar położony na południe od wyspy. Z tego powodu ilekroć będzie mowa o Regionie Islandzkim, będzie to oznaczało pierwszy ze wspomnianych obszarów (od Islandii do Svalbardu).

W półroczu chłodnym w Regionie Islandzkim wysokie wartości ciśnienia notowane są najczęściej (33,7% wszystkich przypadków) w sytuacji, w której bardzo silne wyże występują nad Grenlandią (**typ iT1z**; ryc. 36, zał. 4). W takich dniach wpływ Wyżu Grenlandzkiego sięgał daleko na wschód, obejmując swoim zasięgiem również znaczną część Regionu Islandzkiego. Pozostała część sektora euroatlantyckiego była pod wpływem rozległego niżu znad Atlantyku oraz słabego klina wyżowego znad Azji. Właśnie w tego typu sytuacji barycznej wystąpiła najwyższa średnia dobowa wartość ciśnienia w tym regionie, wynosząca 1049,0 hPa (26.02.1962). W pozostałych 400 rozpatrywanych dniach wartości ciśnienia nie należały do najwyższych i zaledwie 40 razy były równe lub przekroczyły wartość 1040 hPa, a 148 razy były wyższe lub równe 1035 hPa. Dni z takim rozkładem pola ciśnienia pojawiały się najczęściej w marcu (11,8%) oraz, prawie dwukrotnie rzadziej, w lutym i listopadzie (6,9% i 5,2%).

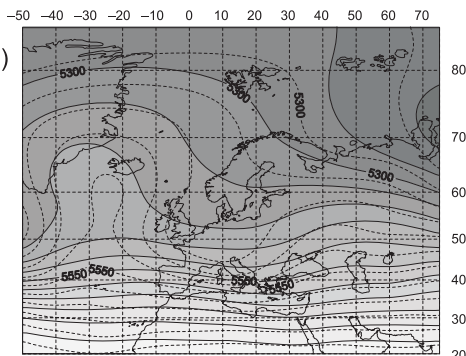
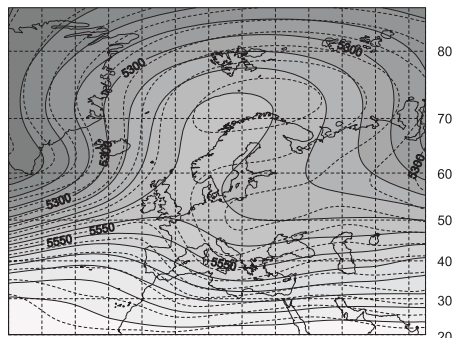
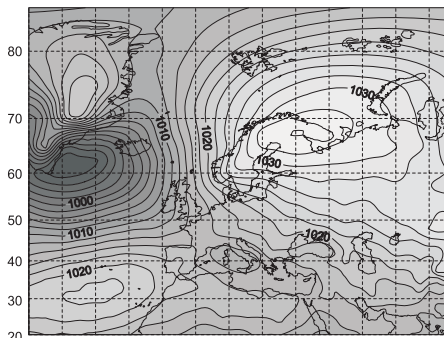
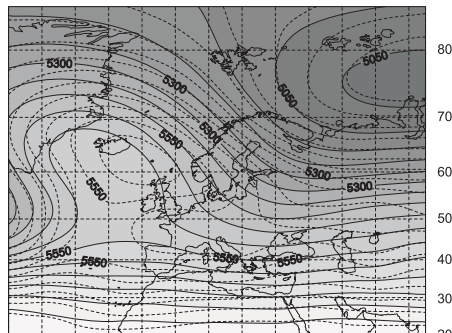
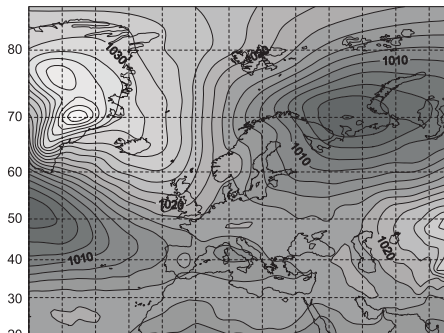
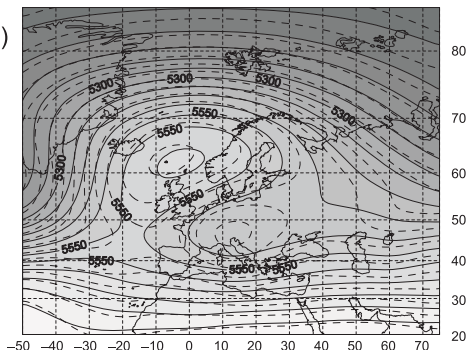
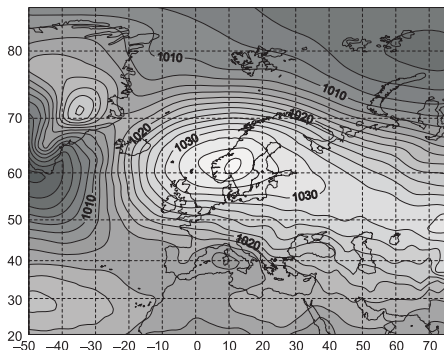
Ryc. 36. Typy rozkładu ciśnienia w dniach z silnymi lub bardzo silnymi wyżami w Regionie Islandzkim (IIIA) w chłodnej połowie roku (X—III) w latach 1951—2010 — na poziomie morza (SLP) oraz na powierzchni izobarycznej 500 hPa

Fig. 36. Types of pressure distribution on days with strong or very strong highs in the Icelandic region (IIIA) during the cool half of the year (Oct.—Mar.) in the period 1951—2010: At sea level (SLP) and at 500 hPa

SLP

IT1z
(33,7%)

500 hPa

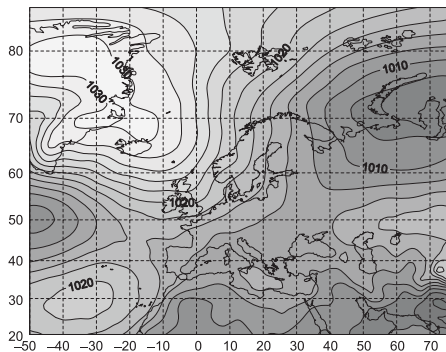
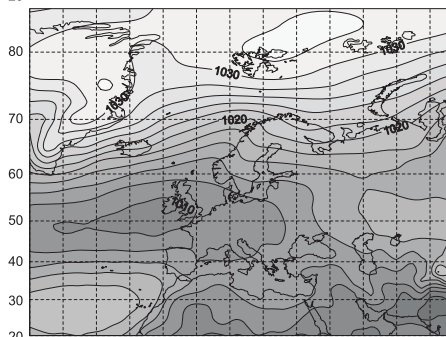
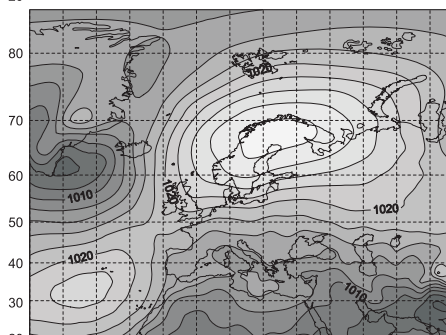
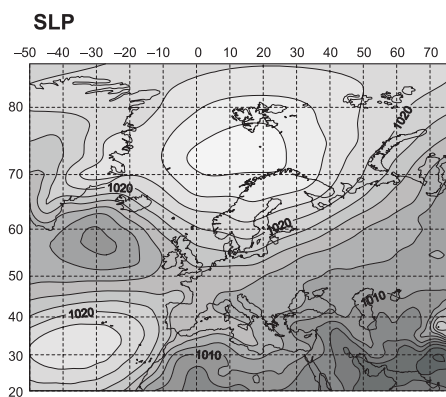
IT2z
(24,2%)IT3z
(22,2%)IT4z
(19,9%)

— 1020 — ciśnienie na poziomie morza / sea level pressure [hPa]

(22,5%) częstość występowania / occurrence frequency

wysokość powierzchni izobarycznej 500 hPa [m g.p.] w wyżach o ciśnieniu:
height of 500 hPa isobaric level [m g.p.] for anticyclones with pressure:

— 5550 — ≥ 1030 hPa - - - 5560 - - - ≥ 1035 hPa

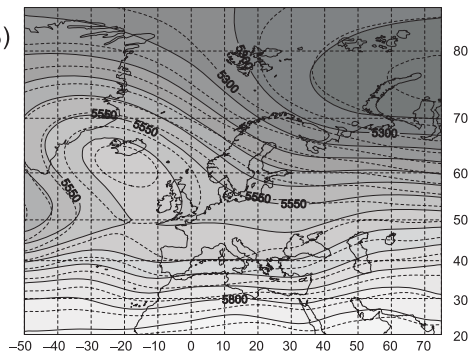
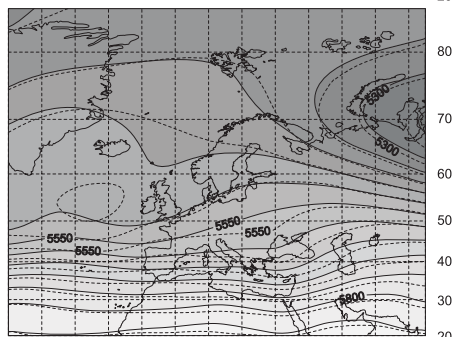
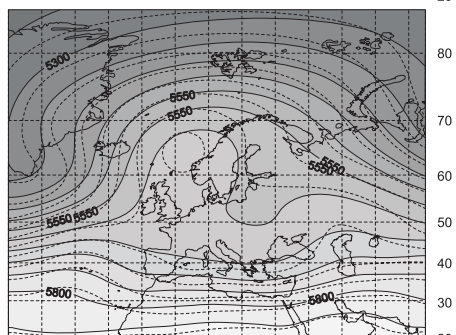
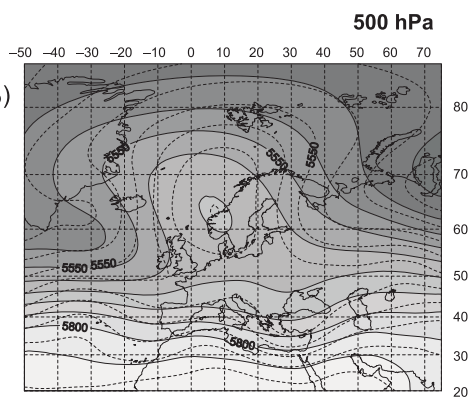


IT1c
(39,8%)

IT2c
(21,8%)

IT3c
(20,4%)

IT4c
(18,0%)



— 1020 — ciśnienie na poziomie morza / sea level pressure [hPa]

wysokość powierzchni izobarycznej 500 hPa [m g.p.] w wyżach o ciśnieniu:
height of 500 hPa isobaric level [m g.p.] for anticyclones with pressure:

(22,5%) częstość występowania / occurrence frequency

— 5550 — ≥ 1030 hPa - - - 5560 - - - ≥ 1035 hPa

Pozostałe trzy typy sytuacji barycznych występowały z podobną częstością (19,9—24,2%). We wszystkich widoczny jest ośrodek niskiego ciśnienia z centrum na południe od Grenlandii. Jednak jego oddziaływanie ogranicza się przeważnie do Atlantyku. W **typach iT2z i iT4z** występowanie wysokich wartości ciśnienia w Regionie Islandzkim spowodowane jest oddziaływaniem wyżu znad Skandynawii. Ten tak charakterystyczny typ cyrkulacji (lub bardzo do niego podobny) pojawia się także w klasyfikacjach pola ciśnienia innych autorów i zwany jest typem skandynawskim (Wibig 2001; Guentchev i Winkler 2010), co oznacza, że stanowi bardzo ważną cechę cyrkulacji nad Europą. W typie iT2z jego centrum położone jest nad Półwyspem Kolskim, a sam układ obejmuje znaczny obszar Europy Północnej i Wschodniej. W typie iT4z centrum opisywanego układu przesunięte jest nad południową część Półwyspu Skandynawskiego, a wąska strefa podwyższonego ciśnienia rozciąga się od sąsiadującej ze Skandynawią części Atlantyku, przez kraje nadbałtyckie, Rosję i łączy się z ośrodkiem wysokiego ciśnienia nad Azją. Oba typy najczęściej występują zimą, a iT4z również w marcu (4,5—6,6%). Najwyższe wartości ciśnienia wynosiły 1046,5 hPa (15.12.1966) w typie iT2z i 1045,1 hPa (2.01.1955) w typie iT4z, a dni z ciśnieniem równym lub wyższym niż 1040 hPa wystąpiły odpowiednio 29 i 20 razy (na niecałe 300 przypadków w każdym z typów). W **typie iT3z**, w którym najwyższe ciśnienie wynosiło 1046,2 hPa (25.02.2006), wysokie wartości ciśnienia w Regionie Islandzkim były związane z bardzo silnym i rozległym Wyżem Grenlandzkim. Jednak, w przeciwieństwie do nieco podobnego typu iT1z, jego klin był skierowany na południowy wschód, sięgając do Wysp Brytyjskich, a nad Morzem Barentsa rozbudował się głęboki układ niskiego ciśnienia.

W **cieplej połowie roku** wartości ciśnienia w Regionie Islandzkim były jeszcze niższe; w 732 dniach z ciśnieniem ≥ 1030 hPa zaledwie w 18 (od 1 w typie iT2c do 9 w typie iT3c) było ono równe lub wyższe niż 1040 hPa. W poszczególnych typach pola ciśnienia najwyższe średnie dobowe wartości ciśnienia osiągały od 1041,4 hPa (24.05.1957) w typie iT1c do 1046,1 hPa (21.04.1995) w typie iT4c. W dwóch pierwszych typach (iT1c i iT2c) rozkład pola ciśnienia jest bardzo podobny (ryc. 37, zał. 5). Centrum rozległych, silnych i bardzo silnych wyżów występowało nad północnym Atlantykiem (iT1c) lub nad północną częścią Skandynawii (iT2c). Ich wpływ sięgał aż nad Grenlandię i Europę Północną. W obu typach dość wyraźnie zaznaczał się również Wyż Azorski, a pomiędzy nimi, na Atlantyku, występował układ niskiego ciśnienia. Rozpatrywane typy przypominają iT2z i iT4z występujące w chłodnej porze roku. Jednak w tym przypadku nad Grenlandią panuje strefa obniżonego ciśnienia. Odwrotny rozkład pola ciśnienia przedstawia typ iT4c, w którym wysokie wartości ciśnienia notowane są w obszarze obejmującym Grenlandię i Islandię, a centrum niskiego ciśnienia występuje na wschód od Skandynawii (podobnie

Ryc. 37. Typy rozkładu ciśnienia w dniach z silnymi lub bardzo silnymi wyżami w Regionie Islandzkim (III_A) w ciepłej połowie roku (IV—IX) w latach 1951—2010 — na poziomie morza (SLP) oraz na powierzchni izobarycznej 500 hPa

Fig. 37. Types of pressure distribution on days with strong or very strong highs in the Icelandic region (III_A) in the warm half of the year (Apr.—Sep.) in the period 1951—2010: At sea level (SLP) and at 500 hPa

jak w typie iT3z). Takie dwubiegunowe zróżnicowanie ciśnienia między Grenlandią a Skandynawią często jest opisywane w literaturze (Fil i Dubus 2005), ponieważ powoduje silny przepływ południkowy i znacząco wpływa na kształtowanie się pogody w tej części badanego obszaru. Z kolei typ iT3c wyróżniał się podziałem całego sektora na część północną, w której na północ od 70°N rozciągała się strefa wysokiego ciśnienia z dwoma centrami położonymi nad Grenlandią, i na północny wschód od Svalbardu oraz na południe od niej położoną strefą niskiego ciśnienia z centrum obejmującym część Atlantyku i Europy Zachodniej. Najbardziej południowe rejony badanego obszaru pozostawały pod wpływem niezbyt silnego Wyżu Azorskiego oraz strefy niskiego ciśnienia nad Afryką.

Opisane typy sytuacji barycznych najczęściej są charakterystyczne dla kwietnia (iT3c — 13,1%) lub maja (iT1c — 13,1%, iT2c — 10,1%, i iT4c — 10,1%), w których w sumie wystąpiło odpowiednio 36,7% i 42,1% wszystkich przypadków. Warto jednak wspomnieć, że typ iT1c często występował również w czerwcu (6,0%), natomiast rzadko pojawiał się w kwietniu (2,2%). Dodać także należy, że w przeciwieństwie do wyżów występujących we wcześniej opisanych regionach, silne i bardzo silne wyże kształtujące warunki pogodowe Regionu Islandzkiego zwykle są układami średnimi, a dość często nawet wysokimi.

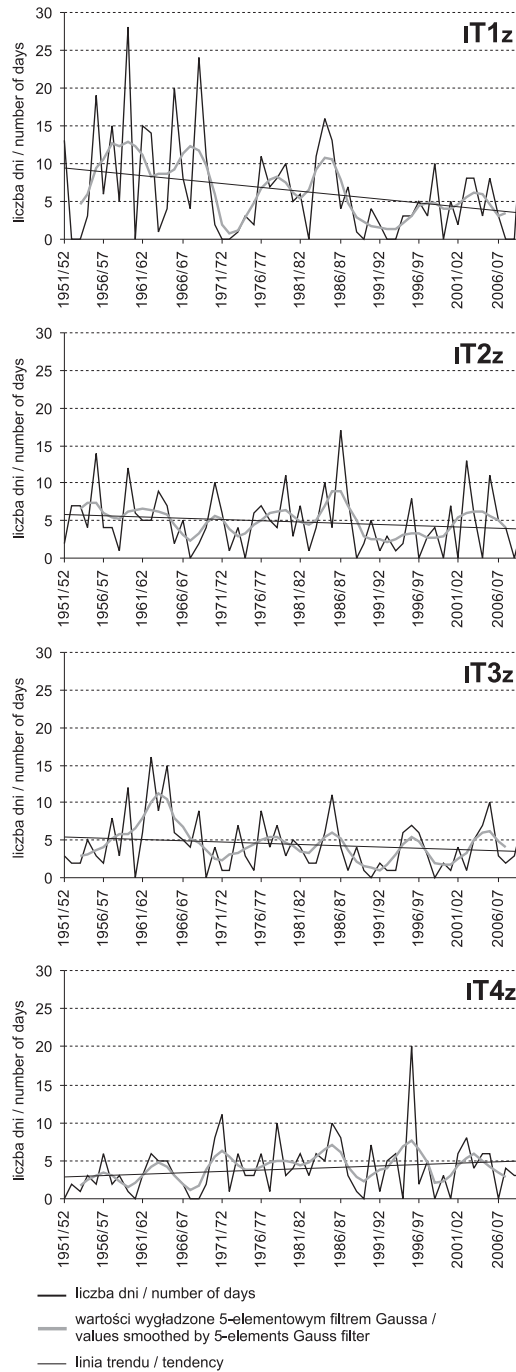
Wieloletnie zmiany liczby dni z poszczególnymi typami sytuacji barycznych, którym towarzyszyły silne i bardzo silne wyże, nie wskazują, aby w regionie tym zachodziły jakieś znaczące zmiany. Co prawda w półroczu chłodnym pod koniec analizowanego wielolecia w trzech typach zauważa się nieco mniejszą częstość pojawiania się rozpatrywanych dni, ale jedynie w typie iT1z jest to spadek istotny statystycznie ($p < 0,05$), który wyniósł 1,03 dnia / 10 lat (tabela 21, ryc. 38). Jedynym typem, w którym stwierdzono wzrost liczby badanych dni, jest typ iT4z. Jednak wzrost ten jest głównie wynikiem niewielkiej liczby tego typu sytuacji barycznych

Tabela 21. Tendencja zmian liczby dni z wydzielonymi typami cyrkulacji [liczba dni / 10 lat] w Regionie Islandzkim (IIIA) w latach 1951—2010

Table 21. Trend of change in the number of days with identified circulation types [number of days / 10 years] in the Icelandic region (IIIA) in the period 1951—2010

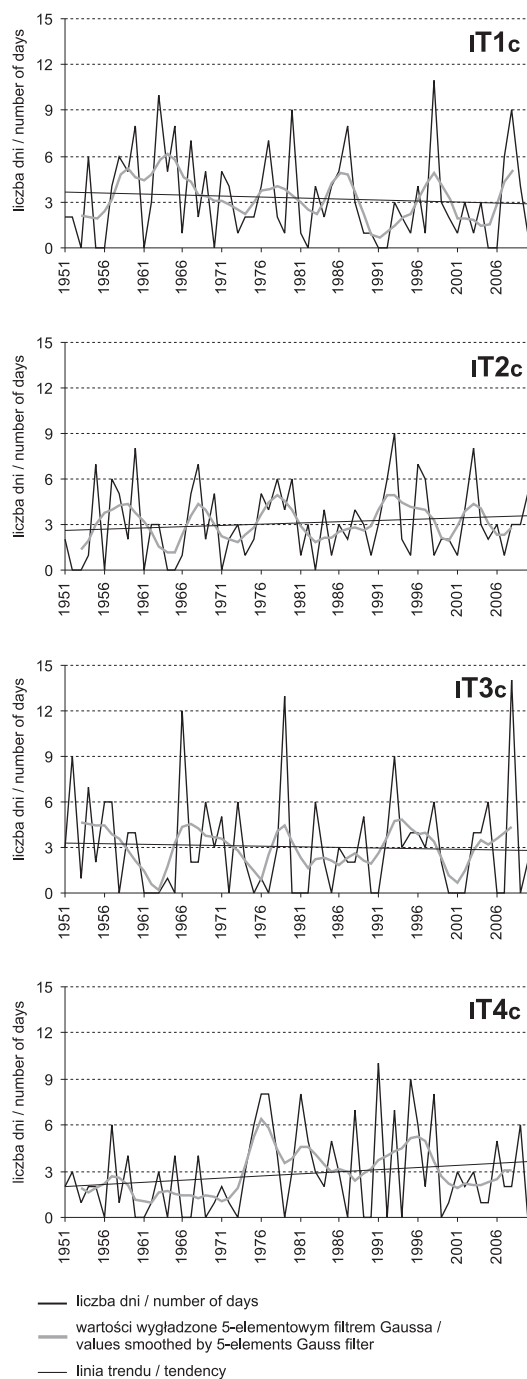
Typ cyrkulacji / Circulation types	Region Islandzki (IIIA)
X—III	
iT1z	-1,03
iT2z	-0,32
iT3z	-0,35
iT4z	0,36
IV—IX	
iT1c	-0,13
iT2c	0,17
iT3c	-0,08
iT4c	0,27

-1,03 — wartości istotne statystycznie na poziomie 0,05 / values statistically significant at $p < 0.05$.



Ryc. 38. Liczba dni z wydzielonymi typami cyrkulacji występującymi w dniach z silnymi i bardzo silnymi wyżami w Regionie Islandzkim (IIIA) w chłodnej połowie roku (X—III) w latach 1951—2010

Fig. 38. Number of days with specific circulation types on days with strong and very strong highs in the Icelandic region (IIIA) during the cool half of the year (Oct.—Mar.) in the period 1951—2010



Ryc. 39. Liczba dni z wydzielonymi typami cyrkulacji występującymi w dniach z silnymi i bardzo silnymi wyżami w Regionie Islandzkim (IIIA) w półroczu ciepłym (IV—IX) w latach 1951—2010

Fig. 39. Number of days with specific circulation types on days with strong and very strong highs in the Icelandic region (IIIA) in the warm half of the year (Apr.—Sep.) in the period 1951—2010

występujących przed 1970 r. W późniejszych latach liczba analizowanych dni utrzymywała się na podobnym poziomie, z reguły nieprzekraczającym 10 dni (średnio około 4 dni w roku), i jedynie w sezonie 1995/1996 zanotowano ich aż 20.

W typach rT1z, rT2z oraz rT3z (średnia roczna liczba dni wahała się od 4,4 dnia w typie rT3z do 6,3 dnia w typie rT1z) można natomiast zauważyć tendencję zmian podobną do wieloletniej zmienności występowania ogólnej liczby silnych i bardzo silnych wyżów w tym regionie (ryc. 20, rozdział 4). Cechą charakterystyczną opisywanych zmian jest większa liczba badanych układów występujących przed 1970 r. Ponowny, chociaż znacznie mniejszy, wzrost ich częstości miał miejsce w latach 1976—1986, a od 1990 r. liczba badanych układów dość wyraźnie maleje. Jest to szczególnie dobrze widoczne w typach rT1z i rT3z związanych z występowaniem Wyżu Grenlandzkiego.

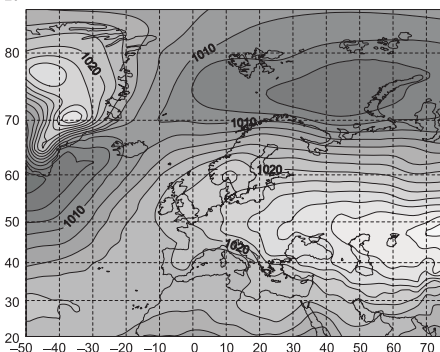
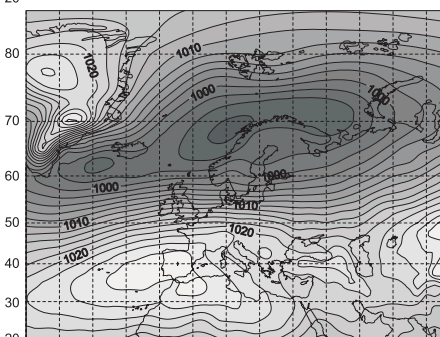
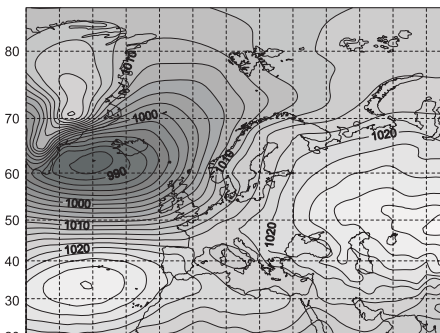
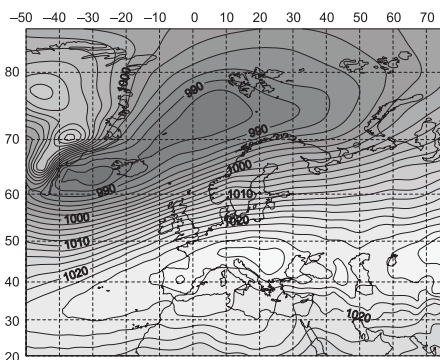
W cieplej połowie roku analizowane zmiany są jeszcze mniejsze i nieistotne statystycznie (tabela 21). Średnia roczna liczba badanych dni wahała się od 2,8 w typie rT4c do 3,3 w typie rT1c. W typach rT2c i rT3c regularnie występowały kilkuletnie okresy z większą liczbą rozpatrywanych dni (ryc. 39). W typie rT3c ich zmienność z roku na rok jest nieco większa niż w typie rT2c i aż trzykrotnie wystąpiło ponad 12 takich dni w roku. Jednak w obu typach nie można stwierdzić wyraźnej zmiany wieloletniej. Zmiany liczby dni z typem rozkładu pola ciśnienia rT1c i rT4c są podobne do tych, jakie występowały w półroczu chłodnym, chociaż ich liczba jest mniejsza niż w drugiej połowie roku.

5.2.4. Silne i bardzo silne wyże w Regionie Południowym

Ostatni z rozpatrywanych regionów obejmuje południowy pas badanego obszaru, w którego skład wchodzi: część Atlantyku, Afryka Północna, południowe obrzeża Europy, Półwysep Arabski i fragment południowej Azji. Jak już wcześniej wspomniano, występowanie silnych i bardzo silnych wyżów w Regionie Południowym (IV) związane jest przede wszystkim z silnymi układami antycyklonalnymi w rejonie Azorów oraz Wyżu Azjatyckiego. Z tego powodu większość wyróżnionych typów sytuacji barycznych jest podobna do wcześniej opisanych typów występujących w Regionie Wyżu Azorskiego (IIAW) i Azjatyckiego (IIAE). Należy również przypomnieć, że wysokie wartości ciśnienia w analizowanym regionie pojawiają się najczęściej w obszarze występowania Wyżu Azorskiego i Morza Śródziemnego.

W półroczu chłodnym trzy z czterech wydzielonych typów pojawiły się z podobną częstością (od 26,0% w typie pT3z do 27,8% w typie pT1z) i przypominają typy wydzielone w innych regionach. **Typy pT1z i pT3z** były podobne odpowiednio do typów AE4z i AE2z występujących w Regionie Wyżu Azjatyckiego (ryc. 28 i 40, zał. 2 i 4). W obu przypadkach na południu sektora euroatlantyckiego rozciągała się strefa podwyższonego ciśnienia, a na północnym Atlantyku, na północnym

SLP

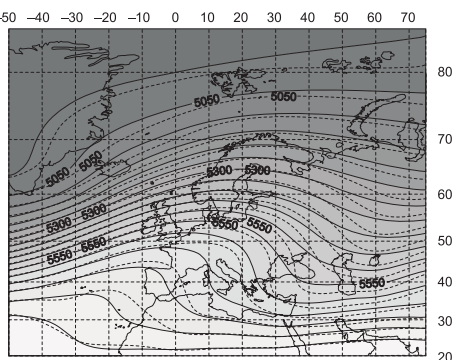


— 1020 — ciśnienie na poziomie morza / sea level pressure [hPa]

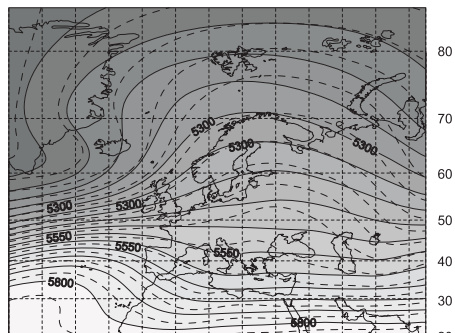
wysokość powierzchni izobarycznej 500 hPa [m g.p.] w wyżach o ciśnieniu:
height of 500 hPa isobaric level [m g.p.] for anticyclones with pressure:

500 hPa

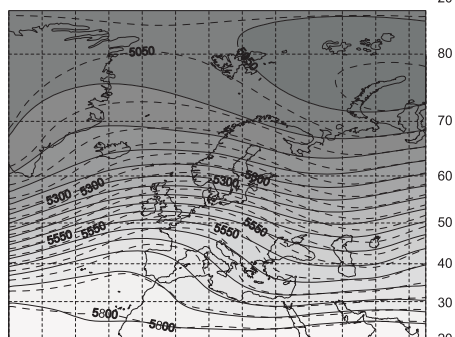
PT1z
(27,8%)



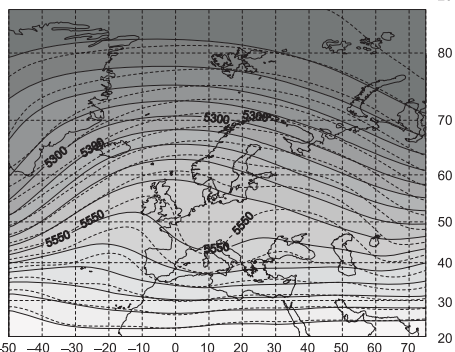
PT2z
(26,1%)



PT3z
(26,0)



PT4z
(20,1%)



(22,5%) częstość występowania / occurrence frequency

— 5550 — ≥ 1030 hPa - - - 5560 - - - ≥ 1035 hPa

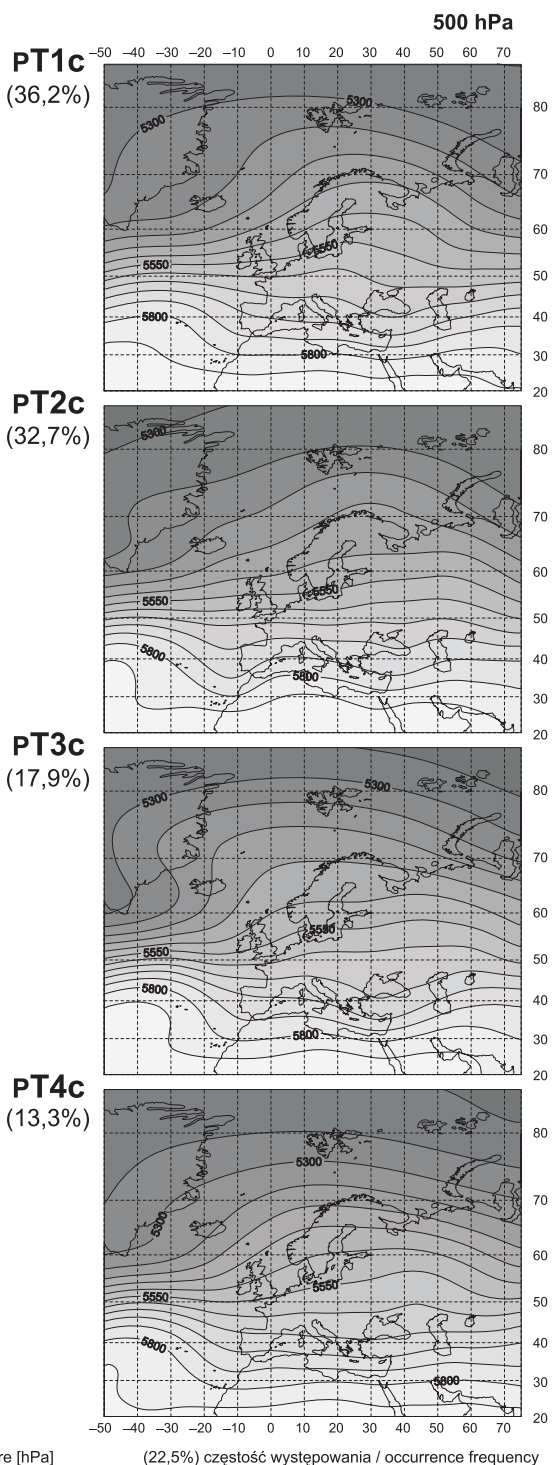
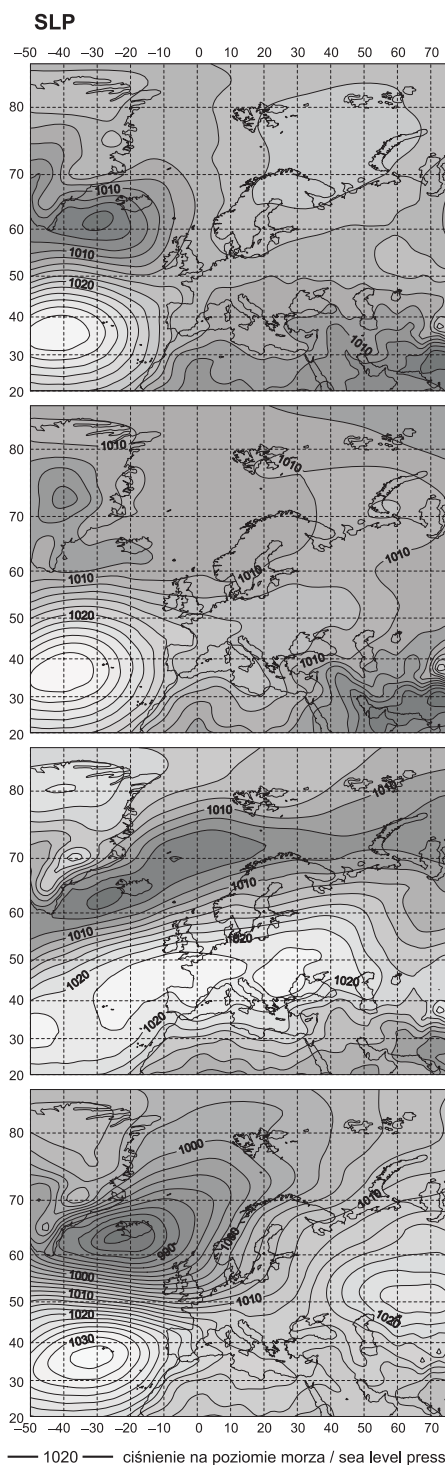
zachód od Skandynawii, rozległy układ niżowy. Tego rodzaju rozkład ciśnienia występował najczęściej w zimie (5,4—9,9% w typie pT1z i 6,8—8,7% w typie pT3z) z maksimum częstości w styczniu. **Typ pT2z** charakteryzował się występowaniem silnego Wyżu Azorskiego i Azjatyckiego oraz głębokim Niżem Islandzkim. Podobny był do typu aET2z w Regionie Wyżu Azorskiego (ryc. 29 i 40, zał. 2 i 4). Podobnie jak typ aET2z, występował głównie zimą, ale dość często pojawiał się również na początku wiosny (4,6—8,5%; w marcu — 4,9%). Najmniejsze podobieństwo do wydzielonych wcześniej sytuacji barycznych wykazuje najrzadziej występujący **typ pT4z** (20,1%; ryc. 40, zał. 4). W tym przypadku najsilniejszymi układami wysokiego ciśnienia były głównie wyż nad Grenlandią oraz Wyż Azjatycki. Ten drugi rozciągał się w postaci rozległego klina, obejmując Europę Wschodnią, Środkową i częściowo Zachodnią w strefie od 40°N do 60°N. Wyż Azorski był bardzo słabo zaznaczony, a na Atlantyku, na południe od Grenlandii, oraz nad Morzem Barentsa rozciągała się strefa niskiego ciśnienia związana z Niżem Islandzkim (ryc. 40, zał. 4). Analizowany typ pola ciśnienia (pT4z) występuje zwykle od listopada do lutego (3,8—5,1%), chociaż najczęściej w grudniu i styczniu (5,0—5,1%). Roczny rozkład częstości pojawiania się wymienionych typów pola ciśnienia nawiązuje do rocznego przebiegu występowania wszystkich antycyklonów pojawiających się w południowej Europie (Godev 1971). Najczęściej też jest wynikiem wkraczania na ten obszar Wyżu Azorskiego lub klina Wyżu Azjatyckiego (Godev 1971; Degirmendżić 1998; Jones i Cohen 2011; Iqbal i in. 2013). Nie mniej ważne są także wyży powstające w granicach Regionu Południowego (IV), czemu sprzyja zróżnicowana orografia oraz ogólna cyrkulacja atmosfery w tym rejonie. Do obszarów o zwiększonej częstości takich wyżów należą przede wszystkim: Hiszpania, Alpy, Półwysep Bałkański, rejon wokół Morza Czarnego, a także Zatoka Genueńska czy zatoka Syrtu (Godev 1971; Katsoulis i in. 1998).

We wszystkich opisanych przypadkach wartości ciśnienia w Regionie Południowym są najniższe spośród omawianych regionów. Najwyższe średnie dobowe wartości w poszczególnych typach wynosiły odpowiednio: pT1z — 1044,1 hPa (16.03.1990), pT2z — 1040,7 hPa (12.02.1981), pT3z — 1041,3 hPa (10.12.1980) i pT4z — 1041,4 hPa (24.12.1963). Ponadto w regionie tym (IV) wartości równe lub wyższe niż 1040 hPa wystąpiły w sumie 20 razy. 12 dni odnotowano w typie pT1z i 2—3 w pozostałych typach cyrkulacji.

W cieplej połowie roku występowanie silnych i bardzo silnych wyżów związane jest głównie z dwoma typami sytuacji barycznych (**pT1c** i **pT2c**). Liczba dni z wydzielonymi typami stanowi w sumie 68,9% wszystkich analizowanych przypadków (pT1c — 36,2% i pT2c — 32,7%). Oba wymienione typy przypominają rozkład ci-

Ryc. 40. Typy rozkładu ciśnienia w dniach z silnymi lub bardzo silnymi wyżami w Regionie Południowym (IV) w chłodnej połowie roku (X—III) w latach 1951—2010 — na poziomie morza (SLP) oraz na powierzchni izobarycznej 500 hPa

Fig. 40. Types of pressure distribution on days with strong or very strong highs in the Southern region (IV) during the cool half of the year (Oct.—Mar.) in the period 1951—2010: At sea level (SLP) and at 500 hPa

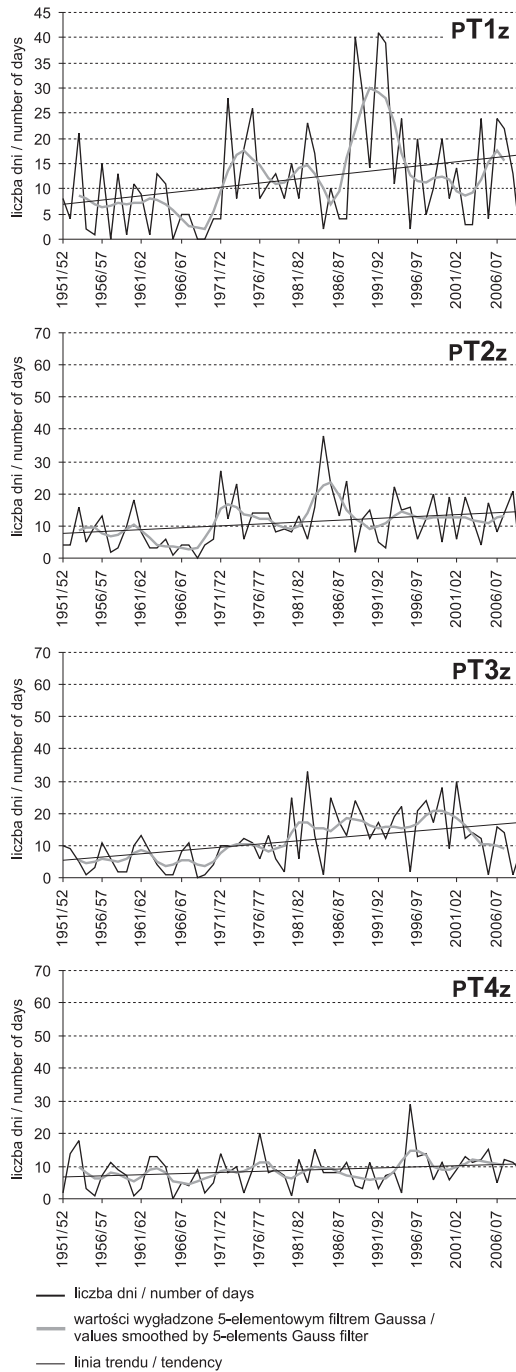


nienia charakterystyczny dla Regionu Wyżu Azorskiego (IIAW), w którym występuje jeden silny układ antycyklonalny — Wyż Azorski, a pozostała część rozpatrywanego obszaru znajduje się pod wpływem niskiego ciśnienia. I tak typ pT1c odpowiada typowi aWT3c, a typ pT2c typowi aWT1c (ryc. 33 i 41, zał. 3 i 5). Badane typy rozkładu pola ciśnienia (pT1c i pT2c) różnią się przede wszystkim czasem występowania. Typ pT1c pojawia się głównie w maju (18,9%) i kwietniu (13,3%), a czasami także w czerwcu (4,1%). Natomiast typ pT2c występuje przeważnie w czerwcu (18,9%) oraz w lipcu (7,7%). Trzeci **typ pT3c** również nieco przypomina wydzielony już wcześniej w Regionie Wyżu Azorskiego typ aWT2c. W tym typie cyrkulacji rozciągnięta strefa wysokiego ciśnienia sięga od Atlantyku przez Europę Zachodnią i Środkową aż do Europy Wschodniej. Równocześnie na północ i południe od tego rejonu występują strefy obniżonego ciśnienia (ryc. 41, zał. 5). Charakterystyczną cechą tego rozkładu ciśnienia jest jego występowanie w kwietniu (14,3%) i sporadyczne pojawianie się w maju (2,6%) oraz we wrześniu (1,0%). Ostatni **typ pT4c** najbardziej przypomina typ aET2c wydzielony dla Regionu Wyżu Azjatyckiego. W tym typie pola ciśnienia dwóm silnym Wyżom Azorskiemu i Azjatyckiemu towarzyszy głęboki Niż Islandzki i nieco podwyższone ciśnienie nad Grenlandią, a jego cechą charakterystyczną jest fakt, że wszystkie przypadki tego rozkładu (13,3%) miały miejsce w kwietniu. Najwyższe wartości ciśnienia, jakie występowały w Regionie Południowym, były jeszcze niższe niż w chłodnej połowie roku. Tylko raz, 19 maja 1969 r., przekroczyły 1035 hPa (1035,1 hPa) i związane były z typem pT1c. W pozostałych przypadkach było to odpowiednio: pT2c — 1034,1 hPa (23.05.1969), pT3c — 1034,2 hPa (7.04.1960) oraz pT4c — 1034,4 hPa (3.04.1962). Warto także dodać, że wszystkie układy wysokiego ciśnienia kształtujące pogodę w Regionie Południowym były układami niskimi lub, w rejonie występowania Wyżu Azorskiego, średnimi.

Opisana w rozdziale 4. wieloletnia zmienność występowania silnych i bardzo silnych wyżów w Regionie Południowym (ryc. 20 i 21) znajduje swoje potwierdzenie w zmianach częstości występowania poszczególnych typów pola ciśnienia, z którymi te wyży są związane. W półroczu chłodnym roczna liczba dni z poszczególnymi typami rozkładu pola ciśnienia wyraźnie wzrastała w typach pT1z, pT2z i pT3z (tabela 22, ryc. 42). Średnie roczne liczby analizowanych dni były podobne i wahały się od 11,1 dnia w typie pT2z do 11,9 dnia w typie pT1z. W typach pT1z i pT2z widoczny wzrost częstości występowania liczby badanych dni nastąpił po 1970 r., a nieco mniejszy — pod koniec lat 80. ubiegłego wieku. W przypadku typu pT3z wzrost ten widoczny jest dopiero od końca lat 70., jednak tendencja zmian jest największa i wynosi 2,0 dni / 10 lat ($p < 0,01$), podczas gdy dla typu pT1z 1,7 dnia / 10 lat, a dla typu pT2z 1,2 dnia / 10 lat ($p < 0,05$). Warto jednak podkreślić, że w typie pT1z

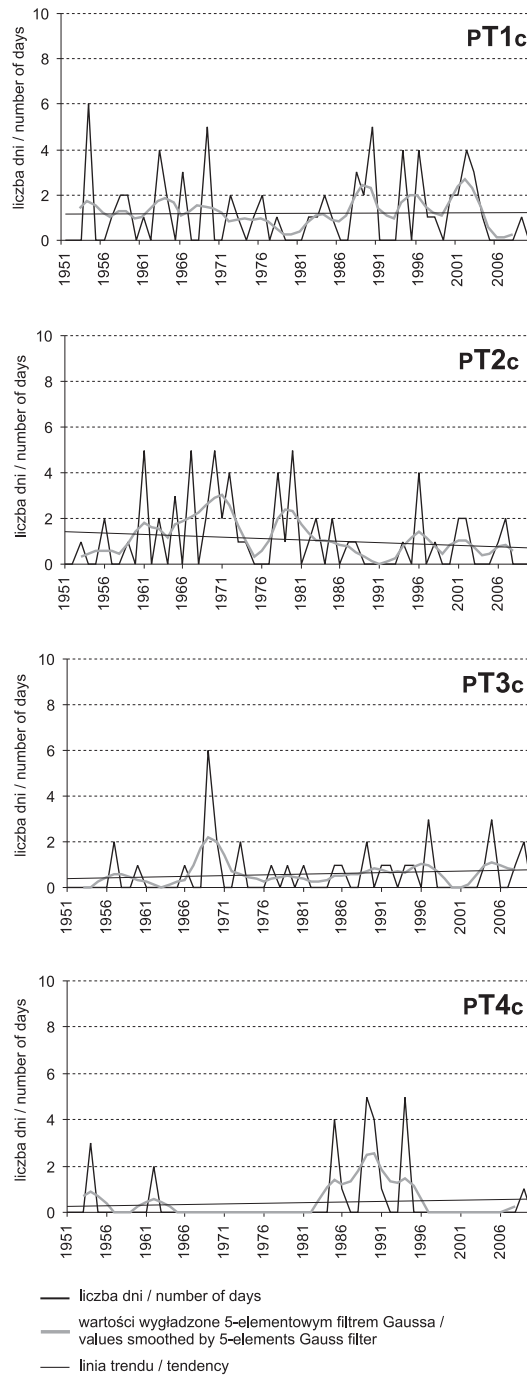
Ryc. 41. Typy rozkładu ciśnienia w dniach z silnymi lub bardzo silnymi wyżami w Regionie Południowym (IV) w ciepłej połowie roku (IV—IX) w latach 1951—2010 — na poziomie morza (SLP) oraz na powierzchni izobarycznej 500 hPa

Fig. 41. Types of pressure distribution on days with strong or very strong highs in the Southern region (IV) in the warm half of the year (Apr.—Sep.) in the period 1951—2010: At sea level (SLP) and at 500 hPa



Ryc. 42. Liczba dni z wydzielonymi typami cyrkulacji występującymi w dniach z silnymi i bardzo silnymi wyżami w Regionie Południowym (IV) w półroczu chłodnym (X—III) w latach 1951—2010

Fig. 42. Number of days with specific circulation types on days with strong and very strong highs in the Southern region (IV) in the cool half of the year (Oct.—Mar.) in the period 1951—2010



Ryc. 43. Liczba dni z wydzielonymi typami cyrkulacji występującymi w dniach z silnymi i bardzo silnymi wyżami w Regionie Południowym (IV) w półroczu ciepłym (IV—IX) w latach 1951—2010

Fig. 43. Number of days with specific circulation types on days with strong and very strong highs in the Southern region (IV) in the warm half of the year (Apr.—Sep.) in the period 1951—2010

wzrost liczby rozpatrywanych dni po 1980 r. był najbardziej wyraźny (trzykrotnie roczna liczba dni z tym typem osiągnęła lub przekroczyła 40), a większe tempo zmian w regionie PT3z związane jest z mniejszą liczbą badanych dni na początku wielolecia. Stwierdzony wzrost liczby dni ze wspomnianymi typami pola ciśnienia (PT1z, PT2z i PT3z) potwierdza wyniki badań dotyczących zmian wartości ciśnienia występującego w rozpatrywanym regionie, a zarazem w najważniejszych wyżach kształtujących klimat tego obszaru (Sahsamanoglou i in. 1991; Iqbal i in. 2013). Podejrzewa się, że zachodzące w ostatnich dekadach zmiany wartości oraz przestrzennego rozkładu ciśnienia są rezultatem zmian ogólnej cyrkulacji atmosfery, która w tym regionie przejawia się w przesunięciu komórki Hadleya ku biegunom (Mitas i Clement 2006). Tak charakterystycznych zmian nie zauważa się w typie PT4z. I chociaż także w tym przypadku można dostrzec niewielki wzrost opisywanych wartości, nie jest on istotny statystycznie, a analizowana liczba dni na początku i na końcu wielolecia pozostała na poziomie podobnym do średniej rocznej (8,7 dnia).

Tabela 22. Tendencja zmian liczby dni z wydzielonymi typami cyrkulacji [liczba dni / 10 lat] w Regionie Południowym (IV) w latach 1951—2010

Table 22. Trend of change in the number of days with identified circulation types [number of days / 10 years] in the Southern (IV) region in the period 1951—2010

Typ cyrkulacji / Circulation types	Region Południowy (IV)
X—III	
PT1z	1,69
PT2z	1,16
PT3z	2,03*
PT4z	0,68
IV—IX	
PT1c	0,001
PT2c	–0,12
PT3c	0,06
PT4c	0,05

–1,03 — wartości istotne statystycznie na poziomie 0,05 / values statistically significant at $p < 0.05$;

1,69* — wartości istotne statystycznie na poziomie 0,01 / values statistically significant at $p < 0.01$.

W ciepłej połowie roku nie stwierdzono zmian liczby dni z silnymi i bardzo silnymi wyżami w żadnym z wydzielonych typów sytuacji barycznych (tabela 22, ryc. 43). Jediną wspólną cechą wieloletniego przebiegu opisywanych dni był spadek ich częstości w pierwszej dekadzie XXI w. Ponadto w dwóch pierwszych typach (PT1l i PT2l) średnia roczna liczba badanych dni była zbliżona i wynosiła 1,1 dnia w typie PT2l i 1,2 dnia w typie PT1l. Natomiast w typach PT3l i PT4l stanowiło to odpowiednio 0,6 i 0,4 dnia rocznie, przy czym w ostatnim typie takie dni notowane były tylko w dziesięciu latach, w sumie zaś w całym wieloleciu wystąpiło ich jedynie 30.

Opisane w niniejszym rozdziale typy rozkładu pola ciśnienia cechuje duża różnorodność w zależności od regionu, dla którego zostały wydzielone. Jednocześnie zauważa się, że charakterystyka każdego z nich opiera się na położeniu i intensywności najważniejszych układów wysokiego ciśnienia (Wyżu Grenlandzkiego, Azjatyckiego i Azorskiego) oraz na rozmieszczeniu układów niskiego ciśnienia na Atlantyku. Stwierdzono także, że można wskazać kilka typów, które są wspólne dla dwóch lub trzech regionów. Zazwyczaj różnią się one przede wszystkim częstością występowania i wartościami ciśnienia w centrum układów sterujących. Największe podobieństwa cechują regiony związane z występowaniem trzech najsilniejszych układów wyżowych badanego sektora (Wyżu Azorskiego, Azjatyckiego i Grenlandzkiego). Jednak także w Regionie Południowym (IV) zauważa się pewne podobieństwa do Regionu Wyżu Azorskiego (IIAE) i Azjatyckiego (IIAW). Najbardziej wyróżniającym się regionem jest Region Islandzki (IIIA), w którym wysokie wartości ciśnienia występują jedynie wyjątkowo. Wydzielone typy pola ciśnienia często są podobne do wyodrębnionych przez innych autorów ogólnych typów cyrkulacji występujących w sektorze euroatlantyckim (Wibig 2001; Fil i Dubus 2005; Guentchev i Winkler 2010). Wydaje się zatem, że można je zaliczyć do ważnych i charakterystycznych cech cyrkulacji rozpatrywanego obszaru.

Analiza wieloletniej zmienności dni z danym typem sytuacji barycznej i silnymi lub bardzo silnymi wyżami nie wykazała jednoznacznego wzrostu ich liczby. Choć dodatknie tendencje zmian można zauważyć w znacznej części typów występujących w chłodnej połowie roku, to w niektórych typach pola ciśnienia notuje się spadek liczby rozpatrywanych dni. W ciepłej połowie roku opisywane zmiany były znacznie mniejsze, dotyczyły tylko niewielkiej części wydzielonych typów cyrkulacji i bardzo często dotyczyły typów pojawiających się najczęściej lub najrzadziej.

6. Liczba oraz czas trwania silnych układów antycyklonalnych

W poprzednich rozdziałach przedstawiono najważniejsze cechy występowania silnych i bardzo silnych wyżów. Charakterystyka ta została przeprowadzona na podstawie liczby dni, w których wartości ciśnienia były równe lub wyższe niż określone wartości progowe. Przyjęcie założenia, że takie dni oznaczają równocześnie dzień z silnym lub bardzo silnym wyżem pozwoliło ukazać regionalne zróżnicowanie występowania tych układów. Jednak nie umożliwiło to bardziej szczegółowej charakterystyki samych układów wyżowych, do której można zaliczyć m.in.: trasy przemieszczania się centrum układów, czas trwania ich wędrówki, trwałość układów w danym obszarze czy ich zasięg. W niniejszym rozdziale postanowiono zaprezentować niektóre z tych cech. Podstawę przeprowadzonych badań nie stanowiły dni, w których wystąpił przynajmniej jeden układ wysokiego ciśnienia, ale wszystkie silne i bardzo silne układy antycyklonalne, jakie pojawiły się nad rozpatrywanym obszarem w wieloleciu 1951—2010. Każdy z układów został zidentyfikowany i opisany przez: określenie daty jego powstania i zaniku, długości trwania układu, podanie współrzędnych wyznaczających położenie jego centrum oraz wartość ciśnienia w kolejnych dniach.

W tym celu, korzystając z danych gridowych, map synoptycznych oraz map wysokości powierzchni izobarycznych 850 hPa i 500 hPa (z godziny 00.00 i 12.00 UTC), prześledzono trasy przemieszczania się wszystkich rozpatrywanych układów barycznych. Mając do dyspozycji średnią dobową wartość ciśnienia oraz mapy z dwunastogodzinną rozdzielczością czasową, trudno dokładnie określić zarówno powstanie układu wysokiego ciśnienia, jak i moment jego zaniku. Zadanie jest tym bardziej utrudnione, że w przeciwieństwie do układów niżowych, wyże bardzo często powstają w długotrwałych i rozległych strefach podwyższonego ciśnienia. W strefach tych często można zlokalizować nawet kilka równocześnie występujących obszarów o wyższym ciśnieniu, które pojawiają się i znikają w ciągu kilku godzin. Bywa i tak, że w obszarze bardzo rozległego wyżu powstaje centrum wtórne. Może się ono przekształcić w kolejny, samodzielny układ, ale może się również połączyć

z centrum głównym albo trwać jako wtórne przez jakiś czas. Czasami natomiast nawet bardzo silny wyż może pojawić się w ciągu kilku godzin. Wszystkie te wątpliwości oraz subiektywna metoda wyznaczania trasy rozpatrywanych układów spowodowały konieczność przyjęcia pewnych założeń i odpowiednią interpretację wyników.

Centrum rozpatrywanych układów barycznych zostało wyznaczane z dokładnością odpowiadającą rozdzielczości siatki gridowej ($2,5^\circ \times 2,5^\circ$). Wskazanie konkretnego punktu gridowego, który reprezentował centrum wyżu, odbywało się przez wybór punktu z najwyższym ciśnieniem, wokół którego w trzech sąsiednich gridach ciśnienie przybierało wartości niższe. Innymi słowy, za centrum wyżu uważano środkowy punkt obszaru (o najwyższym ciśnieniu), w którym długość i szerokość wyznaczało siedem kolejnych punktów gridowych.

W analizie uwzględniono tylko trasy wędrówki centrum badanych układów oraz czas trwania takich wyżów od momentu, w którym ciśnienie w centrum było równe lub przekroczyło 1030 hPa, aż do chwili, gdy wartość ciśnienia spadła poniżej zadanego progu. Oznacza to, że każdy z rozpatrywanych układów wysokiego ciśnienia mógł trwać nieco dłużej, chociaż w większości przypadków różnica ta nie była większa niż 1–2 dni. Zdarzały się również przypadki, w których mimo trwania układu wyżowego wartość ciśnienia w centrum układu przez pewien czas była niższa od założonej. Dlatego przyjęto, że jeżeli z analizy map wynikało, że:

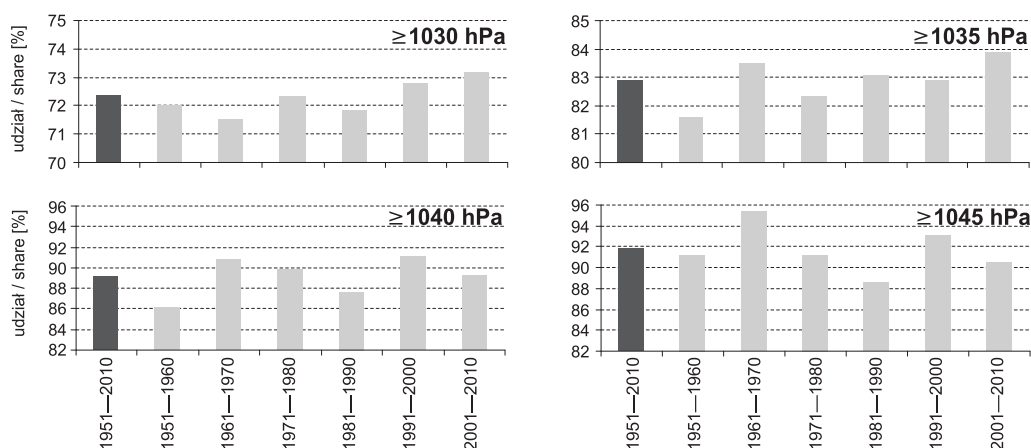
- rozpatrywany wyż jest ciągle tym samym układem barycznym,
- ciśnienie było niższe niż wartość progowa nie dłużej niż 2 dni,
- wartość ciśnienia w centrum układu nie spadła poniżej 1025 hPa,

to jest to ciągle ten sam układ wysokiego ciśnienia. Problemy pojawiały się również, gdy jeden wyż łączył się z innym i dalej przemieszczał się jako jeden układ wysokiego ciśnienia. W takich przypadkach o tym, który z układów trwał nadal, a który zanikł decydowała subiektywna ocena autora, poparta analizą map oraz zmian wartości ciśnienia w punktach gridowych obszaru, na którym nastąpiło połączenie. W ten sposób określono i poddano dalszej analizie liczbę oraz czas trwania silnych i bardzo silnych wyżów. Opis występowania rozpatrywanych układów uzupełniono informacją o obszarach charakteryzujących się największą częstością występowania centrów silnych antycyklonów. Obszary te pośrednio wskazują także na trasy przemieszczania się rozpatrywanych układów antycyklonalnych.

6.1. Roczna i wieloletnia zmienność występowania silnych wyżów

W latach 1951–2010 wystąpiło ponad 8 406 układów wyżowych o ciśnieniu równym lub przekraczającym 1030 hPa (średnio 140,1 dnia w roku). Nieco ponad połowa z nich (4 556 wyżów; 54,2%) należała do bardzo silnych układów barycznych (z ciśnieniem w centrum układu ≥ 1035 hPa — średnio 75,9 dnia rocznie), w tym 27,8% (2 339 układów) — wyże o ciśnieniu ≥ 1040 hPa (średnio 39,0 dnia),

a 12,9% (1 086 układów) to wyżej o ciśnieniu równym lub wyższym niż 1045 hPa (średnio 18,1 dnia). Niezależnie od przyjętego progu ciśnienia większość analizowanych układów występowała w półroczu chłodnym (średnio 72,4% wszystkich wyżów o ciśnieniu ≥ 1030 hPa). Przy czym wraz ze wzrostem wartości ciśnienia w centrum układu udział wyżów występujących od października do marca wzrastał i wynosił średnio 82,9% w przypadku wyżów o ciśnieniu ≥ 1035 hPa, 89,2% wyżów o ciśnieniu ≥ 1040 hPa oraz 91,8% wyżów o ciśnieniu ≥ 1045 hPa. W poszczególnych latach podane wartości mogły się nieco różnić, jednak porównując otrzymane wyniki dla kolejnych dziesięcioleci, różnice te wahały się od 1,7% w przypadku układów o ciśnieniu ≥ 1030 hPa do 6,8% w przypadku wyżów o ciśnieniu ≥ 1045 hPa (ryc. 44). Wśród tych ostatnich w latach 1961—1970 jedynie 4,6% rozpatrywanych wyżów wystąpiło w cieplej połowie roku.

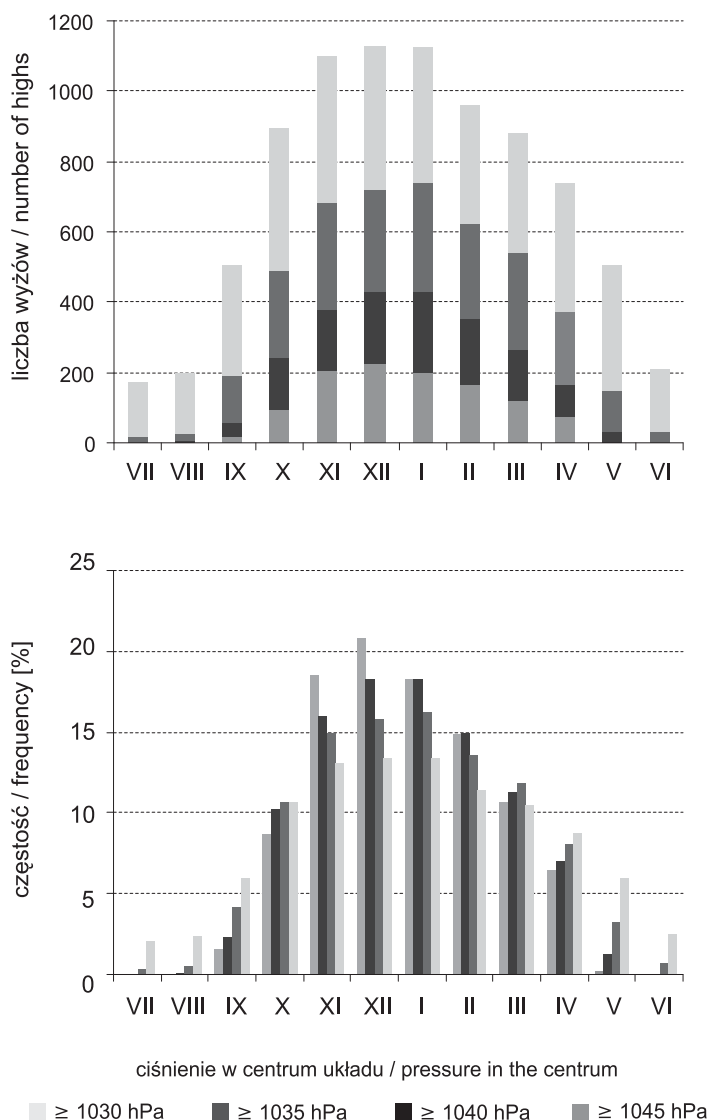


Ryc. 44. Udział [%] silnych wyżów występujących w półroczu chłodnym (X—III) w ogólnej liczbie silnych antycyklonów, jakie wystąpiły odpowiednio w całym wieloleciu oraz kolejnych dekadach lat 1951—2010

Fig. 44. Share [%] of number of strong highs occurred in the cool half of the year (Oct.—Mar.) in relation to the overall number of days with strong anticyclones in the period 1951—2010 and by decade

Również częstość występowania badanych układów w poszczególnych miesiącach przypomina opisane w poprzednich rozdziałach roczne zmiany występowania ciśnienia o określonych wartościach progowych. Badane wyżej (≥ 1030 hPa) najczęściej występowały od listopada do stycznia (ponad 13% wszystkich przypadków w każdym miesiącu), a najrzadziej w miesiącach letnich (około 2,5% w miesiącu; ryc. 45). Rozpatrując występowanie najsilniejszych układów wysokiego ciśnienia (o ciśnieniu ≥ 1045 hPa), stwierdzono, że z reguły nie występowały one w miesiącach letnich. Natomiast w miesiącach chłodnej połowy roku ich odsetek przekraczał 20%, a w ostatnim dziesięcioleciu — nawet 24% (ryc. 45 i 46).

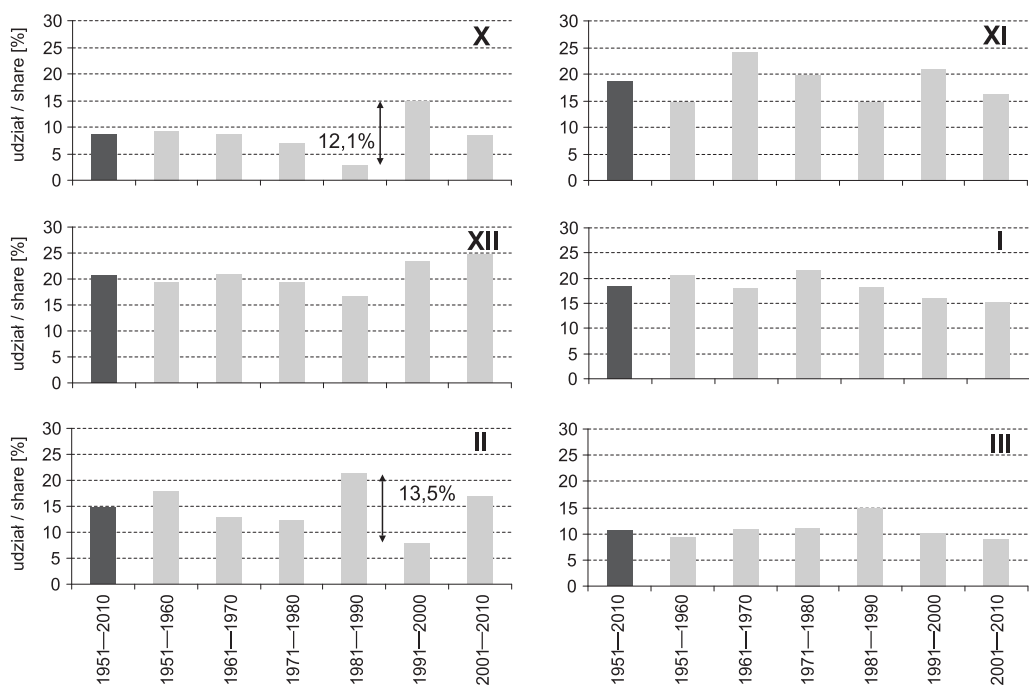
W poszczególnych latach czy dziesięcioleciach roczny rozkład częstości występowania układów o określonych wartościach ciśnienia różnił się od średniego



Ryc. 45. Liczba silnych układów antycyklonalnych występujących w sektorze euroatlantyckim w latach 1951—2010 (100% — liczba układów o podanych wartościach ciśnienia)

Fig. 45. Number of strong anticyclonic systems in the Euro-Atlantic sector in the period 1951—2010 (100% — number of systems with given pressure values)

rozkładu z wielolecia. Jednak zmiany te były z reguły niewielkie. Jedynie w przypadku wyżów o ciśnieniu ≥ 1045 hPa, i to tylko w październiku i lutym, odsetek tych układów występujących w kolejnych dekadach badanego wielolecia różnił się o ponad 10% (ryc. 46). Zarówno w październiku, jak i w lutym różnice te zaznaczyły się między wyżami występującymi w latach 1981—1990 i 1991—2000. W obu dekadach liczba występujących wyżów znacznie odbiegała od średniej z wie-



Ryc. 46. Udział [%] silnych wyżów o ciśnieniu ≥ 1045 hPa występujących w półroczu chłodnym (X—III) w ogólnej liczbie silnych antycyklonów, jakie wystąpiły odpowiednio w całym wieloleciu oraz kolejnych dekadach lat 1951—2010

Fig. 46. Share [%] of number of highs with centre pressure ≥ 1045 hPa occurred in the cool half of the year (Oct.—Mar.) in relation to the overall number of days with strong anticyclones in the period 1951—2010 and by decade

lolecia, przy czym w październiku wyjątkowo niewiele takich układów notowano w latach 80. (2,7%), wyjątkowo dużo zaś — w latach 90. (14,8%). Pod koniec zimy, w lutym, sytuacja wyglądała dokładnie odwrotnie. W latach 80. pojawiło się aż 21,5% wszystkich rozpatrywanych wyżów z dziesięciolecia, a w latach 90. — tylko 8,0%. Warto również dodać, że o ile ostatnie dwie dekady badanego wielolecia odznaczają się większą częstością występowania silnych antycyklonów, o tyle najmniej tych układów notowano w latach 1951—1960. Wyjątek stanowią najsilniejsze układy wysokiego ciśnienia, które najrzadziej występowały właśnie w latach 80. minionego wieku (tabela 23).

Badając wieloletnią zmienność występowania wydzielonych układów antycyklonalnych, zauważono, że wyraźnie zaznacza się wzrost częstości ich występowania od początku analizowanego okresu, z około 100 do około 160 rocznie (ryc. 47). Jest on szczególnie dobrze widoczny, gdy rozpatrujemy wartości roczne (wzrost o 10 dni / 10 lat) lub liczbę wyżów występujących w półroczu chłodnym (wzrost o 7,6 dnia / 10 lat). Jednak także w ciepłej połowie roku notuje się niewielki wzrost częstości występowania silnych układów wysokiego ciśnienia (o 2,4 dnia / 10 lat). Wszystkie wspomniane zmiany są istotne statystycznie na poziomie 0,01. Opisywany wzrost

Tabela 23. Częstość [%] występowania silnych wyżów w sektorze euroatlantyckim w poszczególnych dziesięcioleciach okresu 1951—2010 (suma wartości dla wszystkich dziesięcioleci = 100%)

Table 23. Frequency of occurrence [%] of strong highs in the Euro-Atlantic sector by decade over the period 1951—2010 (sum of values for all decades equals 100%)

Miesiące / Months	≥ 1030 hPa							≥ 1035 hPa						
	1951—2010	1951—1960	1961—1970	1971—1980	1981—1990	1991—2000	2001—2010	1951—2010	1951—1960	1961—1970	1971—1980	1981—1990	1991—2000	2001—2010
VII	2,1	0,3	0,3	0,4	0,3	0,3	0,4	0,4	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0	0,0
VIII	2,4	0,3	0,4	0,4	0,5	0,4	0,4	0,5	0,0	0,1	0,1	0,1	0,0	0,1
IX	6,0	0,8	0,8	1,1	1,1	1,1	1,1	4,1	0,5	0,5	0,7	0,7	0,9	0,8
X	10,6	1,4	1,5	1,9	2,0	2,1	1,8	10,7	1,5	1,6	1,8	1,9	2,0	1,9
XI	13,1	1,8	1,9	2,1	2,1	2,4	2,7	14,9	2,2	2,5	2,3	2,4	2,7	2,8
XII	13,4	1,6	2,0	2,6	2,2	2,4	2,7	15,8	1,9	2,3	2,9	2,5	2,6	3,6
I	13,3	1,8	1,9	2,2	2,4	2,6	2,3	16,2	2,3	2,5	3,0	2,9	2,9	2,6
II	11,4	1,6	1,5	1,9	2,0	2,3	2,1	13,6	2,1	2,0	2,3	2,2	2,5	2,5
III	10,4	1,3	1,5	2,0	1,6	2,0	2,1	11,8	1,5	1,8	2,2	1,8	2,3	2,2
IV	8,8	1,2	1,2	1,4	1,5	1,7	1,7	8,1	1,3	1,2	1,4	1,3	1,3	1,5
V	6,0	0,7	1,0	1,0	1,0	1,1	1,1	3,2	0,5	0,5	0,6	0,5	0,6	0,5
VI	2,5	0,4	0,3	0,5	0,4	0,5	0,3	0,7	0,2	0,0	0,1	0,1	0,2	0,1
X—III	72,4	9,5	10,4	12,6	12,1	13,8	13,8	82,9	11,6	12,5	14,4	13,7	15,1	15,6
IV—IX	27,6	3,7	4,1	4,8	4,8	5,2	5,1	17,1	2,6	2,5	3,1	2,8	3,1	3,0
Rok / Year	100,0	13,2	14,5	17,5	16,9	19,0	18,9	100,0	14,2	15,0	17,5	16,5	18,2	18,5

Miesiące / Months	≥ 1040 hPa							≥ 1045 hPa						
	1951—2010	1951—1960	1961—1970	1971—1980	1981—1990	1991—2000	2001—2010	1951—2010	1951—1960	1961—1970	1971—1980	1981—1990	1991—2000	2001—2010
VII	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
VIII	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
IX	2,4	0,4	0,4	0,3	0,5	0,3	0,5	1,6	0,3	0,2	0,1	0,5	0,0	0,6
X	10,3	1,5	1,8	1,6	1,4	2,3	1,8	8,7	1,8	1,6	1,1	0,4	2,4	1,4
XI	16,0	2,4	2,9	2,9	2,3	2,7	2,7	18,5	2,9	4,3	3,1	2,0	3,4	2,7
XII	18,3	2,7	2,9	3,2	2,6	3,1	3,8	20,8	3,9	3,8	3,0	2,3	3,8	4,1
I	18,3	3,2	2,9	3,4	2,7	3,3	2,8	18,3	4,1	3,2	3,4	2,5	2,6	2,5
II	15,0	2,5	2,4	2,3	2,5	2,2	3,1	14,8	3,6	2,3	1,9	2,9	1,3	2,8
III	11,3	1,6	1,9	1,7	1,9	2,2	2,0	10,7	1,8	1,9	1,7	2,0	1,7	1,5
IV	7,1	1,4	0,9	1,2	1,1	1,1	1,3	6,4	1,5	0,6	1,3	1,0	1,0	1,0
V	1,2	0,4	0,1	0,1	0,3	0,2	0,2	0,2	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0
VI	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
X—III	89,2	13,9	14,7	15,1	13,4	15,8	16,2	91,8	18,2	17,1	14,4	12,2	15,1	14,8
IV—IX	10,8	2,2	1,5	1,7	1,9	1,5	2,0	8,2	1,7	0,8	1,4	1,6	1,1	1,6
Rok / Year	100,0	16,1	16,2	16,8	15,3	17,4	18,2	100,0	20,0	18,0	15,7	13,7	16,2	16,4

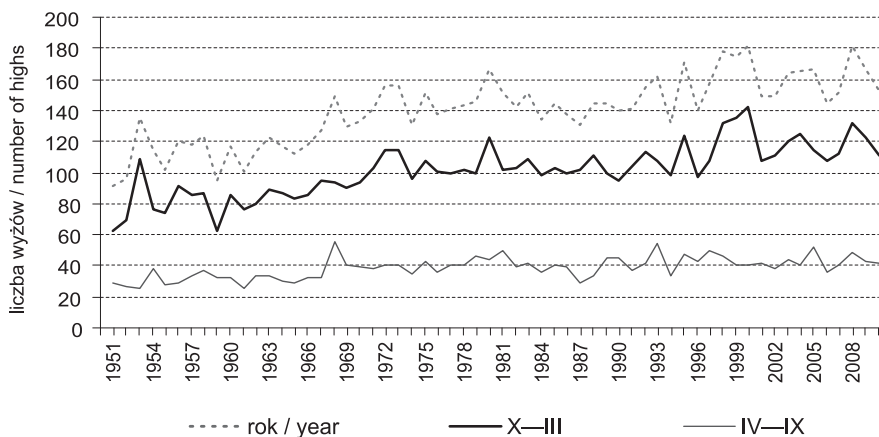
liczby silnych układów wysokiego ciśnienia odbywał się stopniowo i trudno zauważyć okresy o wyraźnie większej liczbie wyżów. Bliższa analiza wskazuje wprawdzie na nieco większą częstość silnych układów antycyklonalnych w latach 70. i w drugiej połowie lat 90., ale nie były to zmiany wyjątkowo odbiegające od ogólnej tendencji wyznaczającej wzrost liczby tego rodzaju układów barycznych. Ponieważ, jak już wspomniano we wcześniejszej części opracowania, pojawiają się pewne wątpliwości co do jakości niektórych danych pochodzących z początkowych lat badanego wielolecia, postanowiono sprawdzić, jak zmieniała się liczba silnych wyżów od lat 60. i 70. Jak można było oczekiwać, sygnalizowany wzrost był zauważalny także w obu krótszych okresach, przy czym wielkość tendencji określającej zmiany wartości rocznych oraz tych dotyczących chłodnej połowy roku są bardziej do siebie zbliżone (tabela 24). Wynosiły one odpowiednio 8,9 i 7,2 dnia / 10 lat od lat 60. oraz 5,8 i 5,1 dnia / 10 lat od lat 70. Zmiany, jakie zachodziły w półroczu ciepłym, były już mniejsze, a te występujące w ostatnich 40 latach badanego wielolecia nieistotne statystycznie. Analizując wieloletnie zmiany liczby bardzo silnych antycyklonów, zauważono, że jedynie zmiana liczby wyżów o ciśnieniu ≥ 1035 hPa przypomina te, jakie dotyczą wszystkich rozpatrywanych przypadków (tabela 24, ryc. 47), chociaż liczba takich układów wahała się od około 60 na początku badanego wielolecia do około 80 w pierwszej dekadzie XXI w. Wartości tendencji zmian liczby badanych układów są ponad dwukrotnie mniejsze niż dla wyżów o ciśnieniu ≥ 1030 hPa i istotne statystycznie tylko dla wartości rocznych i sezonu chłodnego.

Tabela 24. Tendencja zmian liczby silnych układów antycyklonalnych w sektorze euroatlantyckim w latach 1951—2010 [liczba dni / 10 lat]

Table 24. Trend of change in the number of strong anticyclonic systems in the Euro-Atlantic sector over the period 1951—2010 [number of days / 10 years]

Wielolecie / Period	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Rok	IV—IX	X—III
≥ 1030 hPa															
Od 1951	1,2	1,2	1,2	0,9	0,6	0,0	0,2	0,1	0,6	0,9	1,5	1,7	10,0	2,4	7,6
Od 1961	1,1	1,4	1,0	1,1	0,4	−0,1	0,1	0,0	0,5	0,7	1,6	1,3	8,9	1,9	7,2
Od 1971	0,6	1,0	0,8	1,0	0,4	−0,5	0,1	−0,1	0,1	−0,2	1,9	0,7	5,8	1,0	5,1
≥ 1035 hPa															
Od 1951	0,4	0,5	0,6	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,3	0,5	1,1	4,1	0,5	3,5
Od 1961	0,3	0,6	0,5	0,2	0,1	0,1	−0,1	0,0	0,2	0,3	0,6	1,0	3,8	0,5	3,2
Od 1971	−0,1	0,4	0,4	0,1	0,1	0,0	−0,2	0,0	0,0	0,1	1,0	0,9	2,5	0,0	2,2
≥ 1040 hPa															
Od 1951	−0,1	0,2	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,4	0,9	0,0	0,9
Od 1961	0,0	0,4	0,2	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	−0,1	0,4	1,2	0,2	0,9
Od 1971	−0,1	0,4	0,2	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,2	0,1	0,5	1,5	0,1	1,1
≥ 1045 hPa															
Od 1951	−0,3	−0,2	−0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	−0,1	0,0	−0,7	0,0	−0,8
Od 1961	−0,2	0,1	−0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	−0,3	0,2	−0,1	0,1	−0,4
Od 1971	−0,3	0,1	−0,1	−0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,3	0,1	0,5	0,6	0,0	0,1

1,2 — wartości istotne statystycznie na poziomie 0,05 lub 0,01 / values statistically significant at the level $p < 0.05$ or 0.01.



Ryc. 47. Liczba układów antycyklonalnych o ciśnieniu w centrum układu ≥ 1030 hPa w sektorze euro-atlantycznym w latach 1951—2010

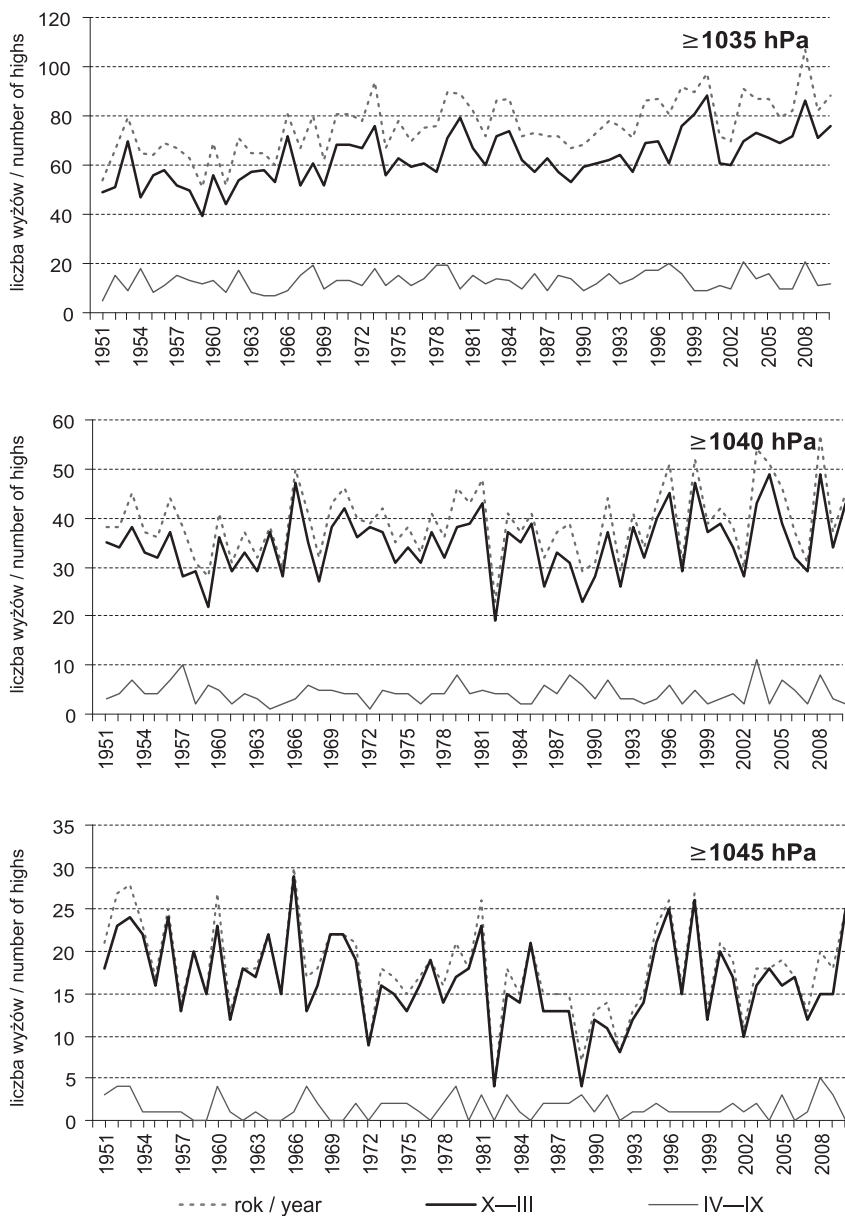
Fig. 47. Number of anticyclone systems with a central pressure ≥ 1030 hPa in the Euro-Atlantic sector in the period 1951—2010

Wynoszą one odpowiednio 4,1 dnia / 10 lat oraz 3,5 dnia / 10 lat dla okresu od 1951 r., 3,8 dnia / 10 lat oraz 3,2 dnia / 10 lat dla wielolecia od 1961 r., a także 2,5 dnia / 10 lat dla rocznej liczby tych wyżów występujących po 1970 r.

W przypadku układów wysokiego ciśnienia równego lub wyższego od 1040 hPa bardzo trudno stwierdzić większe zmiany w przebiegu wieloletnim (ryc. 48). Jediną cechą charakterystyczną są niewielkie zmiany liczby analizowanych wyżów z roku na rok, jakie zachodziły do lat 90., oraz znaczący wzrost takiej zmienności w latach późniejszych. Potwierdza to częstość występowania zmian liczby rozpatrywanych układów większych lub równych 10 dni z roku na rok przed i po 1990 r. W pierwszej części wielolecia takich zmian było jedynie 8 (na 40 lat), w tym zaledwie dwa razy ≥ 20 dni. Od 1990 r. aż 9 razy następował wzrost lub spadek liczby analizowanych wyżów o 10 i więcej dni w ciągu roku, przy czym 5 razy było to 20 i więcej dni. Wśród tych największych zmian był wzrost liczby badanych układów o 26 z 2007 r. na 2008 r. i o 24 z 2002 r. na 2003 r. oraz spadek o 25 wyżów z 1981 r. na 1982 r.

W przypadku wyżów o ciśnieniu równym lub większym niż 1045 hPa bardzo dobrze zaznaczony jest spadek ich liczby od początku analizowanego okresu do lat 90., wynoszący 2,1 dnia / 10 lat dla wartości rocznych oraz 1,9 dnia / 10 lat dla wyżów występujących w półroczu chłodnym (ryc. 48). Oznacza to, że o ile w pierwszych latach drugiej połowy XX w. notowano ponad 20 takich układów barycznych, o tyle w końcówce lat 80. tylko około 10. Jednak dość gwałtowny wzrost liczby najsilniejszych układów antycyklonalnych w latach 90. (do około 15—20 przypadków rocznie) spowodował, że spadkowa tendencja zmian liczby tego rodzaju wyżów jest niewielka i istotna statystycznie jedynie w przypadku wyżów chłodnej połowy roku.

Opisywane zmiany występowania silnych układów wysokiego ciśnienia są zauważalne także w niektórych miesiącach. Największe (do 1,7 dnia / 10 lat) i istotne



Ryc. 48. Liczba układów antycyklonalnych o ciśnieniu w centrum układu większym lub równym wybranym wartościom ciśnienia w sektorze euroatlantyckim w latach 1951—2010

Fig. 48. Number of anticyclone systems with a central pressure equal to or greater than the selected air pressure values in the Euro-Atlantic sector in the period 1951—2010

statystycznie zmiany widoczne są, gdy rozpatrujemy wszystkie wyże o ciśnieniu równym lub wyższym niż 1030 hPa. W tym przypadku wyjątek stanowią czerwiec, lipiec i sierpień, w których liczba analizowanych układów przez całe wielolecie pozostawała na podobnym poziomie. W krótszych okresach (1961—1971) liczba miesięcy odznaczających się wyraźnymi zmianami jest mniejsza i w 40 ostatnich latach badanego wielolecia dotyczyła tylko kwietnia, czerwca i listopada (tabela 24). Badając liczbę bardzo silnych układów wysokiego ciśnienia, zauważamy, że zmiany ich liczby w poszczególnych miesiącach są niewielkie i z reguły nieistotne statystycznie. Dotyczy to w szczególności wyżów o ciśnieniu w centrum układu większym lub równym 1040 hPa i 1045 hPa. Najczęściej wieloletni przebieg liczby opisywanych wyżów w poszczególnych miesiącach nie odznaczał się szczególnymi zmianami. Jednak zdarzały się lata lub krótsze okresy wyróżniające się na tle wielolecia. Przykładem mogą być:

- lata o wyraźnie większej liczbie analizowanych wyżów, często połączonej z mniejszymi ich zmianami z roku na rok (np. wieloletnie zmiany liczby wyżów o ciśnieniu ≥ 1030 hPa w październiku);
- miesiące charakteryzujące się dużą amplitudą zmian badanych układów w wieloleciu (np. wieloletnie zmiany liczby wyżów o ciśnieniu ≥ 1030 hPa w maju czy w przypadku wyżów — o ciśnieniu ≥ 1035 hPa w kwietniu);
- gwałtowne zmiany liczby badanych wyżów w krótkim okresie (np. spadek liczby wyżów o ciśnieniu ≥ 1035 hPa w październiku z 12 dni w 1984 r. do 8 dni w 1985 r. i 2 w 1986 r.; w sumie o 10 dni — przy średniej około 8 dni).

Należy zauważyć, że liczba najsilniejszych wyżów (o ciśnieniu ≥ 1040 hPa i 1045 hPa) zmieniała się z roku na rok znacznie bardziej niż liczba układów o niższym ciśnieniu, mimo że zwykle utrzymywała się na podobnym poziomie w trakcie całego wielolecia.

6.2. Czas trwania silnych wyżów

Drugą charakterystyką, która bardzo dobrze oddaje cechy silnych i bardzo silnych wyżów, jest czas trwania takich układów barycznych. Jak już napisano we wstępie do niniejszego rozdziału, założenia, jakie przyjęto do opisu rozpatrywanych wyżów, mogły wpłynąć na „skrócenie” całkowitego czasu obejmującego powstanie, rozwój i zanik badanych antycyklonów. Warto jednak zaznaczyć, że w obszarach, w których potem zaobserwowano silne lub bardzo silne wyże, bardzo często występowały rozmyte strefy podwyższonego ciśnienia. Następnie, zwykle dość nagle, formował się dobrze zaznaczony układ wysokiego ciśnienia, w którym wartości ciśnienia osiągały założone w opracowaniu wartości progowe.

W trakcie analizy map synoptycznych można było zaobserwować, że w poszczególnych regionach rozwój analizowanych wyżów nieco się różnił. Nad Grenlandią na przykład wyże często pojawiały się z dnia na dzień, i to od razu jako bardzo silne

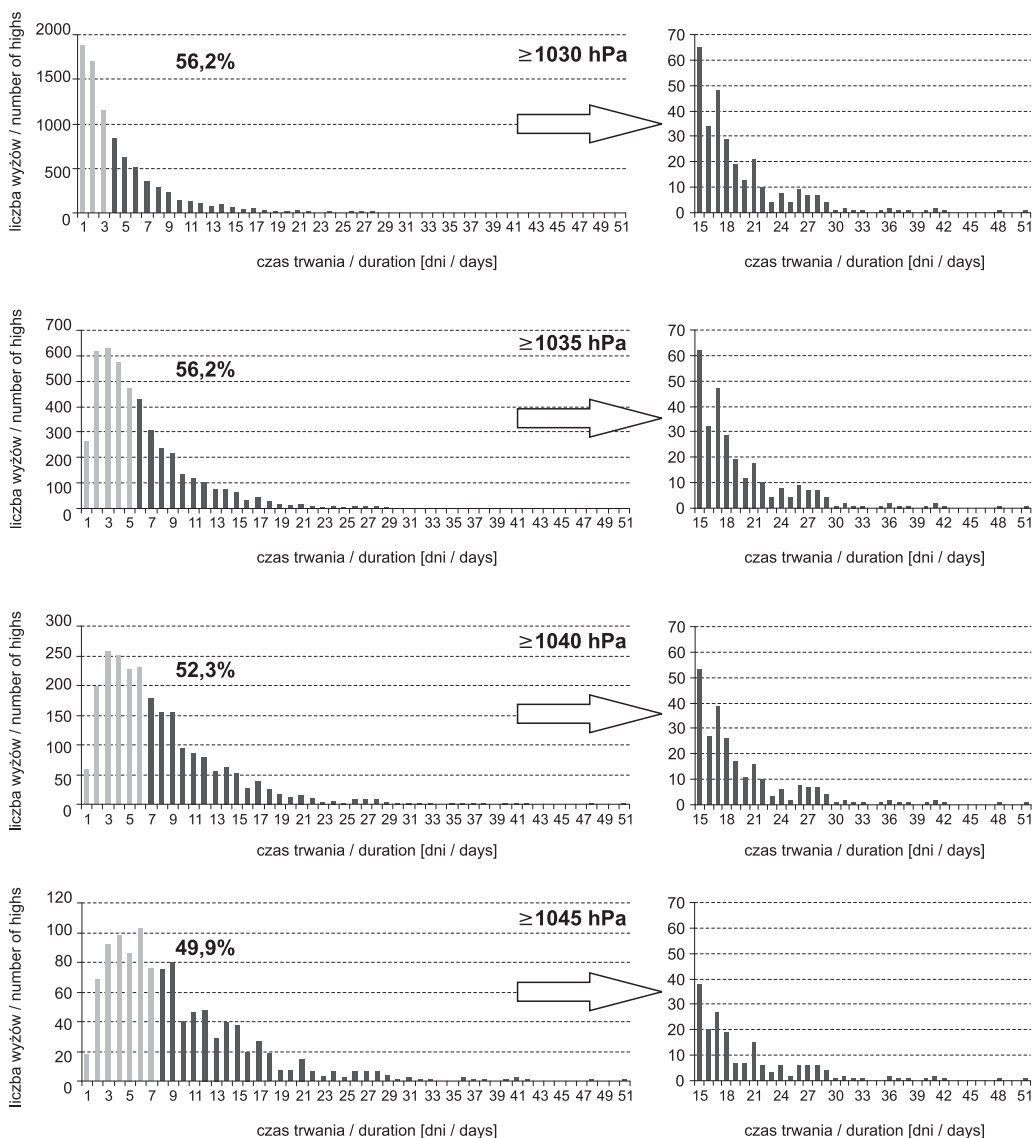
układy wysokiego ciśnienia. Swoim zasięgiem rzadko znacznie wykraczały poza obszar wyspy, chociaż czasami obejmowały prawie cały Atlantyk między Grenlandią a Europą. Najczęściej dominującemu układowi towarzyszyły mniejsze wyż lub wykształcało się centrum wtórne. Opiswane układy zazwyczaj przemieszczały się jedynie nad lądolodem grenlandzkim, łącząc się w jeden rozległy wyż lub też centrum wtórne umacniało się i przejmowało rolę centrum głównego.

W przypadku Wyżu Azorskiego oraz wyżów powstających nad Europą wykształcenie się silnego ośrodka barycznego (o ciśnieniu ≥ 1030 hPa) odbywało się nieco wolniej. Na ogół przez dzień do trzech występował ośrodek o niższych wartościach ciśnienia i dopiero później jego intensywność wzrastała, a ciśnienie przekraczało przyjęte wartości progowe.

Dużo trudniej opisać rozwój wyżów pojawiających się w obszarze występowania Wyżu Azjatyckiego. Układy te nie tylko należały do najsilniejszych i długotrwałych, ale również do najbardziej rozległych. Bardzo często swoim zasięgiem obejmowały obszar w przybliżeniu równy powierzchni połowy Europy, sięgając nawet do Europy Zachodniej. Dodatkowym problemem w opisie czasu ich trwania jest fakt, że najczęściej powstawały poza obszarem badań. Z tego powodu w części przypadków oznaczano nie tyle centrum układu, ile najwyższą wartość ciśnienia występującego w granicach rozpatrywanego sektora. Oznacza to także, że czas trwania tych układów to najczęściej czas ich oddziaływania na badany obszar, a nie czas od powstania do zaniku wyżu. Należy również dodać, że niezależnie od regionu w ogromnej większości badanych przypadków zanik układu wysokiego ciśnienia był wolniejszy niż jego powstanie.

Zasygnalizowane różnice powstawania i rozwoju badanych wyżów związane są z nieco inną genezą silnych układów wysokiego ciśnienia i innymi warunkami przyrodniczymi obszarów, nad którymi występują. Różnice te znajdują swoje odzwierciedlenie także w czasie trwania silnych wyżów występujących w poszczególnych regionach, co zostanie zaprezentowane w dalszej części opracowania. W tym miejscu przedstawione zostaną wyniki dotyczące wszystkich układów wysokiego ciśnienia o ciśnieniu równym lub wyższym niż 1030 hPa, jakie wystąpiły w badanym okresie w całym sektorze euroatlantyckim.

Rozpatrywane wyży zwykle trwały zaledwie kilka dni, a dłużej niż dwa tygodnie trwało jedynie 3,5% wszystkich badanych układów, czyli niecałe 300 wyżów (średnio 5 rocznie). Najwięcej było wyżów trwających do trzech dni (56,2%). Do tygodnia trwało już 83,8% przypadków, a do dziesięciu dni — 91,7% wyżów (ryc. 49). Podobne wyniki otrzymało wielu autorów badających występowanie antycyklonów na całym świecie (Lejenäs 1984; Ceppa i Colucci 1989; Croci-Maspoli i in. 2007). Zazwyczaj wskazywali on znaczącą przewagę liczby układów trwających najkrócej i dość gwałtowne zmniejszenie się ich liczby, jeżeli trwały ponad 5 dni (Athar i in. 2013). Biorąc pod uwagę wszystkie układy wysokiego ciśnienia, należy się spodziewać, że średnio będą one trwały 8—10 dni, szczególnie jeżeli są to wyży zimowe (Lupo i Smith 1994; Athar i in. 2013). Jednak jeżeli dojdzie do powstania układów blokujących, to czas ich trwania często przekracza 20 dni, a czasami nawet 30 (Ceppa i Colucci 1989; Barriopedro i in. 2006; Athar i in. 2013).



■ wyże stanowiące około połowy wszystkich układów antycyklonalnych spełniających podane kryterium ciśnienia / high pressure systems which make about a half of all anticyclonic systems fulfilling the given atmospheric pressure criterion

56,2% — procentowy udział wyróżnionych wyżów / share in per cent of the distinguished high pressure systems

Ryc. 49. Czas trwania silnych układów antycyklonalnych występujących w sektorze euroatlantyckim w latach 1951—2010

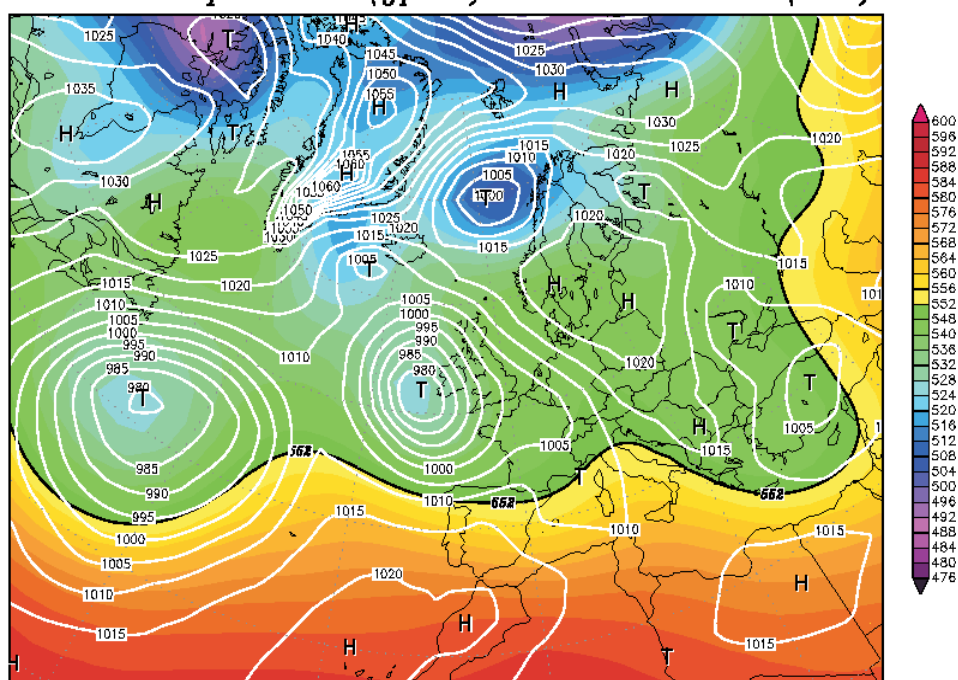
Fig. 49. Duration of strong anticyclonic systems in the Euro-Atlantic sector in the period 1951—2010

Na tym tle najbardziej wyróżniają się wyże trwające jeden (22,3%) lub dwa dni (20,2%) oraz wyże, których czas życia był równy lub dłuższy niż miesiąc (0,2% — 16 układów). W ostatnim przypadku prawie każdy z zaliczanych do tej grupy antycyklonów charakteryzował się innym czasem trwania i tylko trzy razy wystąpiły 2 układy trwające taką samą liczbę dni. Najdłuższy z silnych wyżów to układ, który powstał 8 stycznia 1966 r. nad środkową Grenlandią (ryc. 50) i trwał 51 dni. Dzień później (9 stycznia) średnie dobowe ciśnienie w centrum układu przekroczyło 1030 hPa. Od tego momentu zaledwie w ciągu dwóch pojedynczych dni ciśnienie było niższe od przyjętej wartości progowej (było to 1028 hPa i 1027 hPa, odpowiednio 11 i 13 lutego), jednak nadal był to ten sam układ wysokiego ciśnienia. Wyż ten trwał aż do 28 lutego. Następnego dnia ciśnienie spadło poniżej 1030 hPa, chociaż na północ od tego obszaru przez jeden dzień widoczny był ośrodek podwyższonego ciśnienia nieco przekraczającego 1030 hPa. W kolejnych dniach pojawiało się jeszcze wiele silnych wyżów obejmujących swoim zasięgiem Region Grenlandzki, a ich aktywność zaczęła wygasać w drugiej połowie kwietnia.

Opisywany wyż należał do wyjątkowo silnych układów barycznych, chociaż najwyższe ciśnienie — 1074,2 hPa — odnotowano kilka lat wcześniej, również nad Gren-

26JAN1966 00Z

500 hPa Geopotential (gpm) und Bodendruck (hPa)



Daten: Reanalysis des NCEP
(C) Wetterzentrale
www.wetterzentrale.de

Ryc. 50. Silny wyż nad Grenlandią (9.01—28.02.1966) — 26.01.1966

Fig. 50. Strong high over Greenland (9.01—28.02.1966) — 26.01.1966

landią, w styczniu 1956 r. Wyż z 1966 r. wyróżniał się jednak bardzo wysokim ciśnieniem, które utrzymywało się w trakcie całego czasu jego trwania. Średnio wynosiło ono 1044,6 hPa. Przez 45 dni było wyższe niż 1035 hPa, przez 35 wyższe niż 1040 hPa, przez 12 niż 1050 hPa, a przez 5 dni wyższe niż 1060 hPa, osiągając maksimum 26 stycznia — 1067,4 hPa. Omawiany układ wyżowy obejmował swoim zasięgiem całą Grenlandię, a jego centrum wielokrotnie zmieniało położenie wzdłuż osi północ — południe. Często w obszarze tego wyżu zarysowywały się centra wtórne o podobnych, wysokich wartościach ciśnienia. W trakcie trwania układu analizowany wyż pośrednio „łączył” się z silnymi wyżami arktycznymi, Wyżem Rosyjskim czy silnymi wyżami nad Skandynawią. Tworzyły się w ten sposób rozległe strefy bardzo wysokiego ciśnienia, często znajdujące odzwierciedlenie także na poziomie 500 hPa.

Nieco krócej trwał wyż z 1957 r. — 48 dni (4.02.—23.03.1957), którego najwyższe średnie dobowe ciśnienie wynosiło 1061,9 hPa. Trzeci w kolejności był wyż trwający 42 dni, od 3 stycznia do 13 lutego 1955 r., z najwyższym ciśnieniem 1054,7 hPa. Oba te wyży także występowały nad Grenlandią, nieco tylko się nad nią przemieszczając.

Rozpatrując siłę badanych układów, zauważono, że im silniejszy był dany układ, tym średnio trwał dłużej. Wśród układów o ciśnieniu ≥ 1030 hPa dominowały te trwające 1 dzień (22,3%). Wyże o ciśnieniu ≥ 1035 hPa i 1040 hPa najczęściej trwały 3 dni (13,8%), natomiast te o ciśnieniu ≥ 1045 hPa — aż 6 dni (ryc. 49). Zmianie tej towarzyszył bardzo wyraźny spadek liczby układów trwających jeden dzień. W przypadku wyżów o ciśnieniu ≥ 1035 hPa wynosił już tylko 5,8%, dla wyżów o ciśnieniu ≥ 1040 hPa 2,5%, a dla tych o ciśnieniu ≥ 1045 hPa — jedynie 1,6%. Wymienioną prawidłowość potwierdza także zakres czasu trwania połowy wyżów należących do każdej grupy. W przypadku wszystkich wyżów aż 56,2% to wyży trwające do trzech dni. Taki sam odsetek wyżów o ciśnieniu o 5 hPa wyższym obejmował już układy trwające do pięciu dni, 52,3% wyżów o ciśnieniu ≥ 1040 hPa trwało do sześciu dni, a 49,9% wyżów o ciśnieniu ≥ 1045 hPa trwało aż do siedmiu dni. Łatwo też można zauważyć, że najdłużej trwające wyży były układami najsilniejszymi, o ciśnieniu ≥ 1045 hPa (tabela 25). Ich liczba wyraźnie dominuje wśród wyżów, których czas życia był równy lub dłuższy niż 15 dni. Natomiast jeżeli badany wyż trwał dłużej niż 24 dni, to niemal na pewno należał do układów o najwyższym ciśnieniu.

Liczba wyżów wynoszących daną liczbę dni zmieniała się w wieloletiu, w zależności od przyjętych przedziałów czasu ich trwania oraz wartości ciśnienia w centrum układu. W tym przypadku wyży podzielono na grupy należące do przedziałów o określonych wartościach ciśnienia, które są rozłączne (np. $\langle 1030; 1035 \rangle$, $\langle 1035; 1040 \rangle$ itd.), oraz przyjęto pięciodniowe przedziały czasu trwania wyżów. Otrzymane wyniki pozwalają stwierdzić, że liczba wyżów trwających do 5 dni (w sumie 56,2% wszystkich rozpatrywanych wyżów) zmieniała się podobnie jak ogólna liczba układów wysokiego ciśnienia (ryc. 51). Pewien wzrost zauważalny jest w przypadku wyżów o ciśnieniu 1030—1035 hPa oraz tych o ciśnieniu 1035—1040 hPa, natomiast liczba silniejszych wyżów nie zmieniała się w sposób znaczący. Wśród dłużej trwających wyżów wyraźne zmiany dotyczyły z jednej strony wyżów trwających do 10 dni, z drugiej strony — tych o ciśnieniu równym lub wyższym niż 1045 hPa.

Tabela 25. Liczba silnych wyżów trwających 15 i więcej dni w sektorze euroatlantyckim w latach 1951—2010

Table 25. Number of strong highs lasting for 15 days or more in the Euro-Atlantic sector in the sector 1951—2010

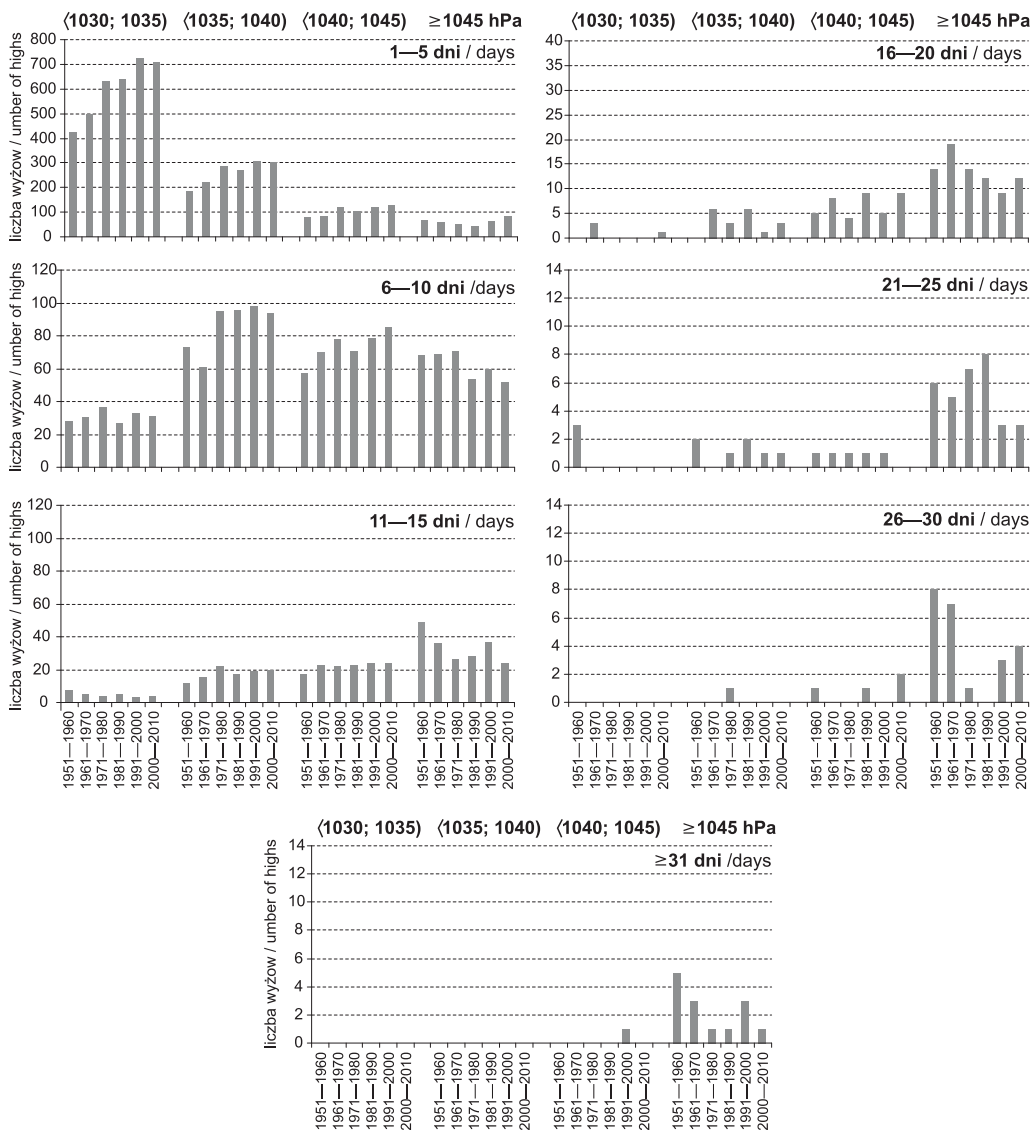
Czas trwania wyżu / Duration of high pressure system [liczba dni / number of days]	Ciśnienie w centrum układu / Pressure in the high center [hPa]			
	≥1030	≥1035	≥1040	≥1045
15	65	62	53	38
16	34	32	27	20
17	48	47	39	27
18	29	29	26	19
19	19	19	17	7
20	13	12	11	7
21	21	18	16	15
22	10	10	10	6
23	4	4	3	3
24	8	8	6	6
25	4	4	2	2
26	9	9	8	6
27	7	7	7	6
28	7	7	7	6
29	4	4	4	4
30	1	1	1	1
31	2	2	2	2
32	1	1	1	1
33	1	1	1	1
34	0	0	0	0
35	1	1	1	0
36	2	2	2	2
37	1	1	1	1
38	1	1	1	1
39	0	0	0	0
40	1	1	1	1
41	2	2	2	2
42	1	1	1	1
43	0	0	0	0
44	0	0	0	0
45	0	0	0	0
46	0	0	0	0
47	0	0	0	0
48	1	1	1	1
49	0	0	0	0
50	0	0	0	0
51	1	1	1	1
Suma / Sum	298	288	252	187

Jak już wspomniano, w przypadku najslabszych badanych wyżów największe zmiany widoczne są w grupie układów trwających do 5 dni. W latach 50. średnio w całym sektorze euroatlantyckim notowano około 40 takich wyżów, a w ostatnich dwóch dekadach już około 70. Jednak liczba wyżów o ciśnieniu 1030—1035 hPa trwających dłużej zmieniała się nieznacznie:

- od 27 w latach 1981—1990 do 37 w latach 1971—1980 dla wyżów trwających 6—10 dni,

- od 3 w latach 1991—2000 do 8 w latach 1951—1960 w przypadku wyżów trwających 11—15 dni,
- dłużej trwających układów zaobserwowano tylko 7, cztery trwające 16—20 dni i trzy trwające 21—25 dni.

Wśród dłużej trwających wyżów (≥ 6 dni) niewielki wzrost ich liczby zauważalny jest w przypadku układów o ciśnieniu 1035—1040 hPa oraz 1040—1045 hPa wy-



Ryc. 51. Liczba silnych wyżów występująca w sektorze euroatlantyckim w kolejnych dziesięcioleciach okresu 1951—2010 — podział według czasu trwania układu [dni]

Fig. 51. Number of strong highs in the Euro-Atlantic sector by decade in the period 1951—2010: Broken down by duration [days]

noszących 6—10 oraz 11—15 dni. W obu tych grupach najmniejsza liczba wyżów występowała w dwóch pierwszych dekadach analizowanego wielolecia, około 60—70 w dziesięcioleciu (wyże trwające 6—10 dni) oraz 12—32 (wyże trwające 11—15 dni), aby w ostatniej dekadzie osiągnąć odpowiednio około 100 lub 80 przypadków. Wy różniają się także wyże o najwyższym ciśnieniu (≥ 1045 hPa). Jak już wspomniano, ich udział wśród innych wyżów wzrastał wraz ze wzrostem czasu trwania układów i wyraźniejsze stawały się także zmiany w poszczególnych dziesięcioleciach. W grupie wyżów trwających 1—5 oraz 6—10 dni średnio występowało około 60 takich antycyklonów na dekadę. W kolejnych grupach wyżów o określonym czasie trwania średnio notowano odpowiednio około 33 układów w dziesięcioleciu (trwających 11—15 dni), 13 (trwających 16—20 dni), 5 i 4 (trwających odpowiednio 21—25 i 26—30 dni) oraz 3 (trwające ≥ 31 dni). O ile liczba najkrócej trwających układów nie zmieniała się w wieloleciu, o tyle wraz ze wzrostem czasu trwania wyraźny staje się spadek liczby opisywanych wyżów od lat 50. Pewien wyjątek stanowią wyże trwające 21—25 dni, których liczba wyraźnie wzrosła w latach 1971—1990.

Liczba wyżów o różnym czasie trwania zmieniała się także w przebiegu rocznym. Najdłużej trwały wyże występujące od października do marca (czas trwania układu został przypisany do miesiąca, w którym ten powstał), (Lupo i Smith 1994) i były to układy o ciśnieniu równym lub wyższym niż 1045 hPa (tabela 26). Czas ich trwania wahał się od 31 dni dla wyżu, który powstał w grudniu do 51 dni w przypadku najdłuższego, opisanego wcześniej, układu wysokiego ciśnienia, który pojawił się w styczniu 1966 r. W cieplej połowie roku najdłużej trwające wyże występowały nad rozpatrywanym obszarem od 15 dni w przypadku układu, jaki powstał w lipcu, do 35 dni w przypadku wyżu, który pojawił się w kwietniu.

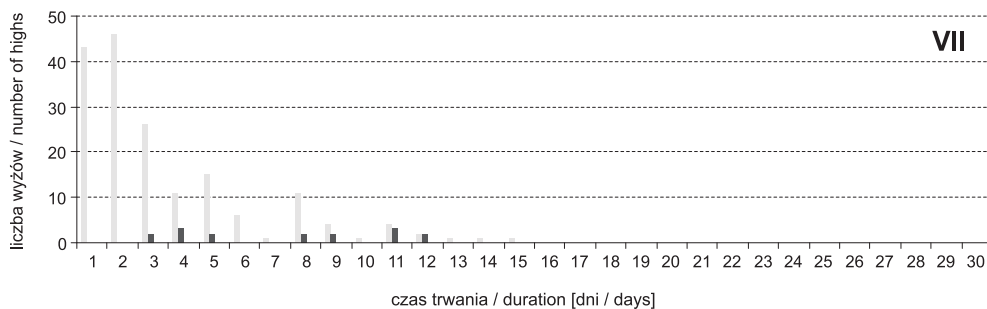
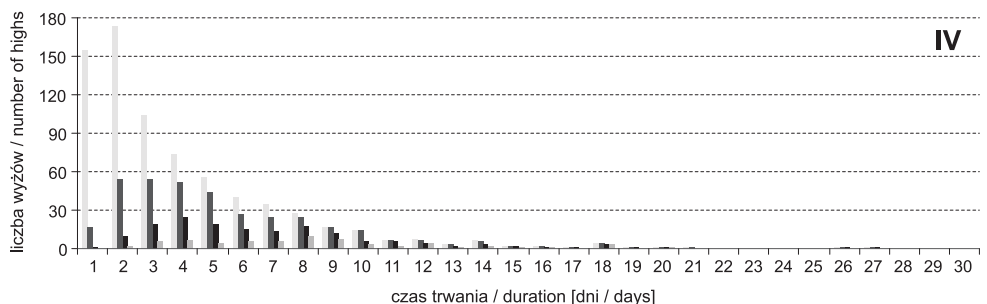
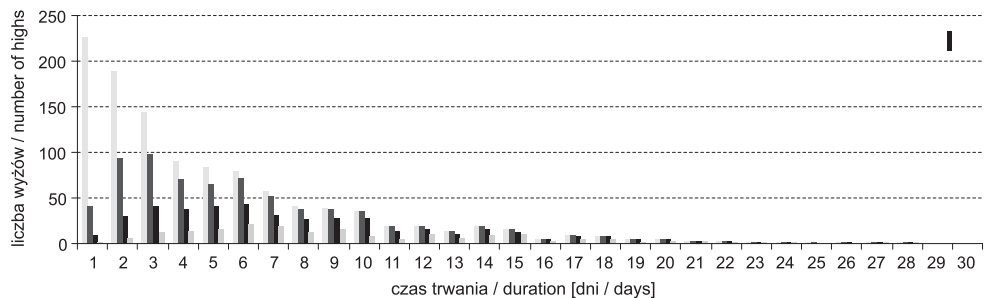
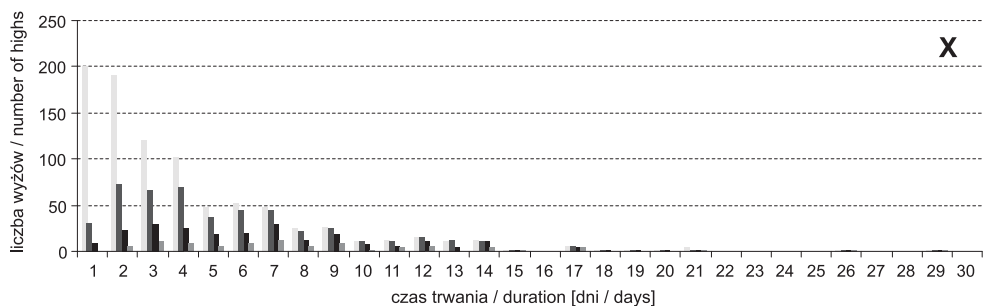
Liczba wyżów o określonym czasie trwania występująca w kolejnych miesiącach roku zmieniała się podobnie, jak omówione wcześniej zmiany dotyczące liczby rocz-

Tabela 26. Czas trwania oraz ciśnienie w centrum najdłużej trwającego układu wysokiego ciśnienia w sektorze euroatlantyckim w latach 1951—2010 w poszczególnych miesiącach*

Table 26. Duration and central pressure of the longest-lasting high in the Euro-Atlantic sector during the period 1951—2010 in months*

Miesiące / Months	Czas trwania wyżu [dni] / Duration of high pressure system [days]	Ciśnienie w centrum układu / Pressure in the high center [hPa]
VII	15	(1030; 1035)
VIII	16	(1030; 1035)
IX	22	(1030; 1035)
X	40	≥ 1045
XI	41	≥ 1045
XII	31	≥ 1045
I	51	≥ 1045
II	48	≥ 1045
III	36	≥ 1045
IV	35	(1040; 1045)
V	23	(1035; 1040)
VI	26	(1035; 1040)

* Czas trwania wyżu został przypisany do miesiąca, w którym ten powstał / duration of a high pressure system was assigned to a month of its origin.



wyże o ciśnieniu w centrum układu / pressure in the high center

■ ≥ 1030 hPa ■ ≥ 1035 hPa ■ ≥ 1040 hPa ■ ≥ 1045 hPa

Ryc. 52. Liczba silnych układów antycyklonalnych występujących w sektorze euroatlantyckim w latach 1951—2010 — czas trwania układów trwających krócej niż 31 dni (w wybranych miesiącach)

Fig. 52. Number of strong anticyclonic systems in the Euro-Atlantic sector during the period 1951—2010: Duration of systems shorter than 31 days (in selected months)

nej (ryc. 52). Niezależnie od pory roku najwięcej było wyżów najsłabszych i to tych trwających 1—4 dni. W miesiącach chłodnej połowy roku ich liczba stopniowo malała, chociaż największy spadek widoczny jest między liczbą układów trwających 2 i 3 dni oraz między wyżami liczącymi 4 i 5 dni. W półroczu ciepłym ogólna tendencja zmian jest podobna, jednak bardzo wyraźnie maleje liczba opisywanych układów. W lecie liczba wyżów trwających 1—2 dni jest około 4—5 razy mniejsza niż w zimie (odpowiednio około 50 i 200—250 przypadków). Pewien wyjątek stanowią wyże występujące w kwietniu i lipcu, kiedy to liczba tych najkrócej trwających jest mniejsza niż liczba wyżów dwudniowych.

Ostatnia cecha uwidacznia się jeszcze bardziej, jeżeli rozpatrujemy wyże o ciśnieniu równym lub wyższym od 1035 hPa (ryc. 52). Jednak w tym przypadku, podobnie jak w przypadku jeszcze silniejszych układów, wyże te praktycznie nie występują w miesiącach letnich. Wśród najsilniejszych układów wysokiego ciśnienia (≥ 1040 hPa i ≥ 1045 hPa) nie tylko widoczny jest spadek liczby wyżów trwających najkrócej, ale także dużo bardziej wyrównany rozkład liczby tych układów, które trwały od 2 do około 10—15 dni, a występowały wiosną lub jesienią. Należy przypomnieć, że liczba wszystkich wyżów o ciśnieniu ≥ 1040 hPa, jakie występowały w poszczególnych miesiącach przejściowych pór roku, była zbliżona do liczby wszystkich analizowanych wyżów, jakie trwały jeden dzień w miesiącach zimowych, a w przypadku wyżów najsilniejszych (≥ 1045 hPa) nawet dwukrotnie mniejsza.

6.3. Roczna i wieloletnia zmienność występowania silnych wyżów w regionach antycyklonalnych

Badając występowanie omawianych układów wysokiego ciśnienia w poszczególnych regionach antycyklonalnych, postanowiono nie uwzględniać w analizie układów pojawiających się w regionach IIB oraz IIIB. Decyzja ta wynikała z faktu, że są to regiony przejściowe między regionami o bardzo wyraźnych cechach zmienności rocznej i wieloletniej. Ponadto obejmują one znaczne obszary o dużym zróżnicowaniu geograficznym. Powstał także problem zaliczania poszczególnych wyżów do konkretnych regionów. Najczęściej pojawiały się one w jednym rejonie, następnie przemieszczały się nieraz na znaczne odległości, aby zaniknąć czasami bardzo daleko od rejonu swojej genezy. Z tego powodu każdy z układów został przypisany do regionu, w którym powstał. Takie założenie wymusza odpowiednią interpretację otrzymanych wyników. Jednak w przypadku najsilniejszych wyżów oraz układów występujących nad Grenlandią z dużym prawdopodobieństwem można przyjąć, że w większości wyże te przebywały nad regionem, w którym powstały. Podobnie zachowywały się wyże powstające nad Azją, chociaż dużo częściej przemieszczały się w kierunku Europy Środkowej i Skandynawii. Największe zmiany położenia centrum układu wysokiego ciśnienia zauważono w przypadku Wyżu Azorskiego oraz wyżów powstających na południu Europy.

Osobnym zagadnieniem jest zasięg badanych antycyklonów. Właściwie prawie zawsze wykraczał on poza granice regionu, w którym powstał wyż. Do układów, które w najmniejszym stopniu wpływały na otaczające obszary, należą wyżę grenlandzkie. Rozpatrując występowanie opisywanych wyżów w poszczególnych regionach, uwzględniono także podział ze względu na intensywność układu. Jednak w tym przypadku, ze względu na małą liczbę najsilniejszych antycyklonów, jaka występowała w regionach, zdecydowano się na przyjęcie tylko dwóch progów wartości ciśnienia: 1030 hPa i 1035 hPa.

Zaprezentowany wieloletni i roczny przebieg występowania silnych i bardzo silnych antycyklonów oddaje ogólne prawidłowości występowania tych układów nad całym badanym obszarem. Jednak w poszczególnych regionach był on bardziej podobny do prezentowanego we wcześniejszych rozdziałach przebiegu liczby dni z ciśnieniem o określonych wartościach progowych. Najwięcej badanych układów występowało w Regionie Grenlandzkim, średnio 45,4 w roku, od około 5—6 w miesiącach chłodnej pory roku do mniej niż jednego w lecie (tabela 27). Prawie dwa razy mniej silnych wyżów obserwowano w Regionie Wyżu Azjatyckiego — około 25 rocznie, z czego w sezonie chłodnym 3—4 miesięcznie, natomiast w cieplej połowie roku do około 1—2 w miesiącu. W porównaniu z tymi regionami niewiele wyżów występuje w Regionie Wyżu Azorskiego, jedynie około 7 rocznie i prawie w żadnym miesiącu nie należy się spodziewać więcej niż jednego takiego układu. Najrzadziej silne wyżę występują w Regionie Islandzkim i Południowym. W ciągu roku można się tam spodziewać jednego do dwóch takich przypadków. O ile na Atlantyku najczęściej występują one w maju, o tyle na południu badanego obszaru — zimą. Bardzo silnych układów wysokiego ciśnienia najczęściej możemy się spodziewać nad Grenlandią i w Regionie Wyżu Azjatyckiego, gdzie stanowią około 56—68% wszystkich występujących tam układów (tabela 27—28). W pozostałych regionach tak silne wyżę występują już bardzo rzadko, od mniej niż jednego do około dwóch takich przypadków w roku.

Tabela 27. Średnia liczba silnych i bardzo silnych wyżów występująca w regionach antycyklonalnych w latach 1951—2010

Table 27. Mean number of strong and very strong highs in anticyclonic regions in the period 1951—2010

Region	Średnia liczba wyżów / Average number of highs													
	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	Rok	X—III IV—IX
≥1030 hPa														
Grenlandzki (I)	0,1	0,6	3,7	6,1	6,3	5,8	5,1	5,4	5,1	4,6	2,2	0,3	45,4	33,9 11,5
Wyżu Azjatyckiego (IIAE)	0,0	0,1	1,2	3,1	3,7	4,2	4,1	3,3	2,7	1,8	0,8	0,1	25,0	21,1 4,0
Wyżu Azorskiego (IIAW)	1,0	0,9	0,7	0,5	0,6	0,5	0,4	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	6,9	2,7 4,3
Islandzki (IIIA)	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,1	0,1	0,1	0,3	0,4	0,2	1,8	0,7 1,1
Południowy (IV)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,3	0,7	0,3	0,1	0,0	0,0	0,0	1,5	1,4 0,0
≥1035 hPa														
Grenlandzki (I)	0,0	0,2	2,1	4,4	4,6	4,2	3,8	4,0	3,8	2,9	0,9	0,0	30,8	24,7 6,1
Wyżu Azjatyckiego (IIAE)	0,0	0,0	0,2	1,4	2,5	2,9	2,9	2,2	1,3	0,6	0,1	0,0	14,1	13,2 0,9
Wyżu Azorskiego (IIAW)	0,1	0,0	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,2	0,1	0,1	0,1	1,7	1,2 0,5
Islandzki (IIIA)	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,0	0,8	0,5 0,4
Południowy (IV)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,3 0,0

Tabela 28. Udział wyżów o ciśnieniu ≥ 1035 hPa w ogólnej liczbie silnych wyżów [%] w regionach antycyklonalnych w latach 1951—2010

Table 28. The share [%] of highs with pressure ≥ 1035 hPa in the overall number of strong highs in anticyclonic regions in the period 1951—2010

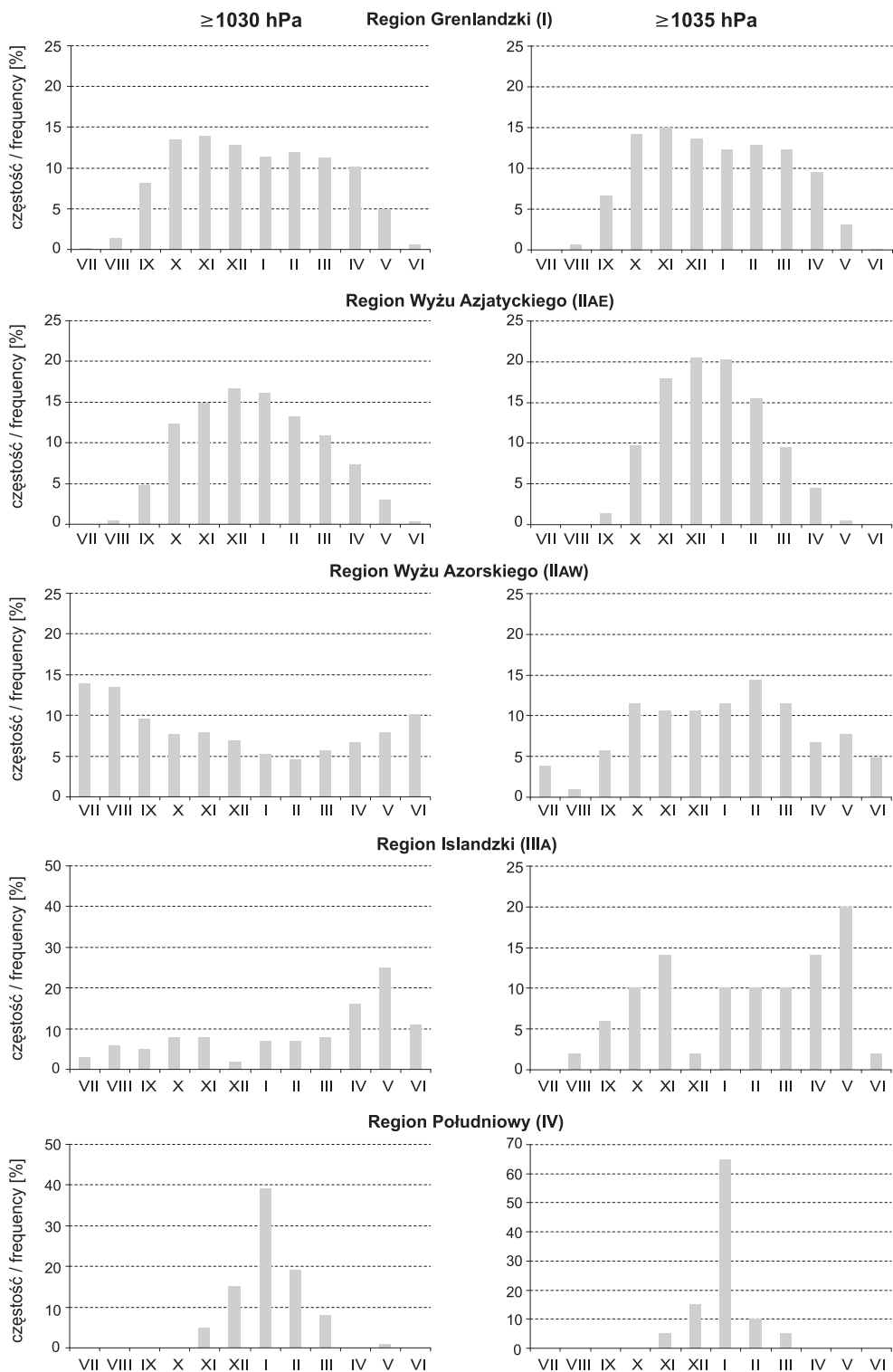
Region	Udział / Share [%]				
	najmniejszy / the smallest	dziesięciolecie / decade	średni / average	największy / the highest	dziesięciolecie / decade
Grenlandzki (I)	63,7	2001—2010	67,9	72,2	1951—1960
Wyżu Azjatyckiego (IIAE)	53,0	2001—2010	56,2	64,1	1951—1960
Wyżu Azorskiego (IIAW)	19,7	1981—1990	25,0	31,4	1991—2000
Islandzki (IIIA)	26,7	1981—1990	47,2	61,5	1991—2000
Południowy (IV)	0,0	1951—1960	23,0	31,3	1981—1990

Porównując udział procentowy badanych wyżów występujących w chłodnej połowie roku z ich liczbą roczną, stwierdzono, że najczęściej takich wyżów występuje w Regionie Wyżu Azjatyckiego — 84,1% silnych wyżów oraz 93,6% bardzo silnych układów (tabela 29). O około 10% mniejszy jest udział wyżów chłodnej połowy roku występujących nad Grenlandią i o około 15—20% występujących w południowej części sektora euroatlantyckiego. W Regionie Islandzkim oraz Regionie Wyżu Azorskiego silne wyże występują głównie w ciepłej połowie roku (62,3%), natomiast bardzo silne dominują w półroczu chłodnym (56,0%). Jednak w zależności od regionu oraz siły wyżów ich roczny przebieg dość znacznie się zmienia. Najbardziej „typowa” jest roczna zmienność występowania układów wysokiego ciśnienia w Regionie Wyżu Azjatyckiego i Południowego (ryc. 53). Charakteryzuje się wyraźnie zaznaczającym się maksimum zimowym i niewielką liczbą wyżów pojawiających się latem. Przy czym w Regionie Wyżu Azjatyckiego układy te notowane są właściwie

Tabela 29. Udział [%] wyżów występujących w chłodnej połowie roku (X—III) w regionach antycyklonalnych w latach 1951—2010

Table 29. The share [%] of highs during the cool half of the year (Oct.—Mar.) in anticyclonic regions in the period 1951—2010

Region	Udział / Share [%]				
	najmniejszy / the smallest	dziesięciolecie / decade	średni / average	największy / the highest	dziesięciolecie / decade
≥ 1030 hPa					
Grenlandzki (I)	72,9	2001—2010	74,6	75,2	1961—1970
Wyżu Azjatyckiego (IIAE)	82,3	1981—1990	84,1	87,3	1951—1960
Wyżu Azorskiego (IIAW)	30,3	1981—1990	38,2	45,5	1951—1960
Islandzki (IIIA)	7,7	1991—2000	37,7	51,7	1961—1970
Południowy (IV)	64,2	1951—1960	66,9	69,9	2001—2010
≥ 1035 hPa					
Grenlandzki (I)	78,2	1971—1980	80,2	84,4	1961—1970
Wyżu Azjatyckiego (IIAE)	91,9	2001—2010	93,6	95,5	1991—2000
Wyżu Azorskiego (IIAW)	59,1	1991—2000	70,2	84,2	1971—1980
Islandzki (IIIA)	0,0	1991—2000	56,0	100,0	1981—1990
Południowy (IV)	76,1	1981—1990	78,1	81,5	1991—2000



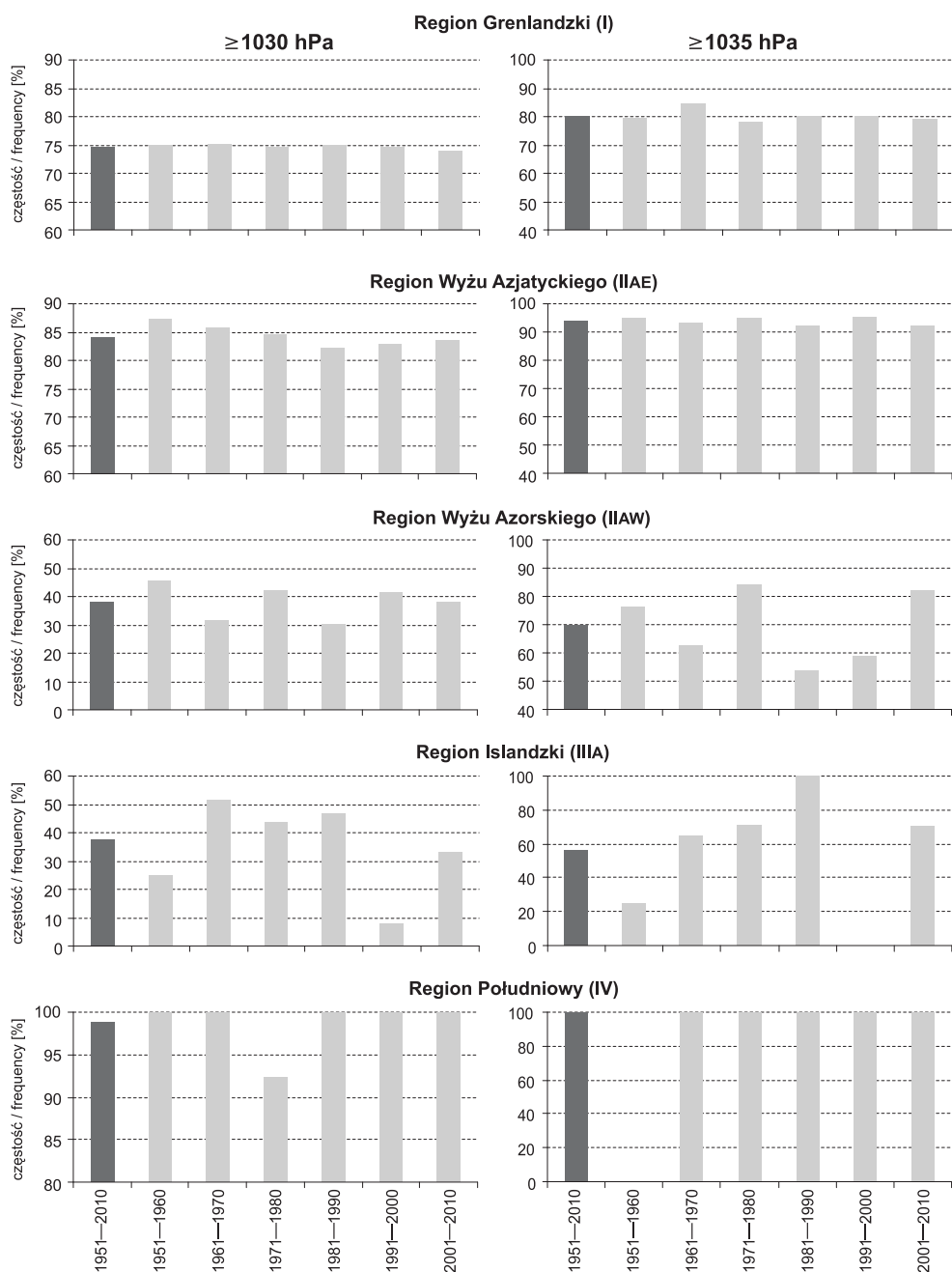
w każdym miesiącu roku, a najwięcej silnych wyżów (16,7% dla wyżów o ciśnieniu ≥ 1030 hPa i 20,5% w przypadku wyżów o ciśnieniu ≥ 1035 hPa) występuje w grudniu. W Regionie Południowym występowanie wyżów jest silnie skoncentrowane w sezonie zimowym (od listopada do marca), a ich maksimum roczne przypada w styczniu i wynosi odpowiednio 44,8% oraz 65,0%. Oznacza to, że prawie połowa silnych wyżów i $\frac{2}{3}$ bardzo silnych układów pojawiają się właśnie w tym miesiącu. W regionie największej liczby silnych wyżów — Grenlandzkim, częstość występowania jest bardziej wyrównana (ryc. 53). Jej wartość między odpowiednio 10,2% a 13,9% oraz 9,5% a 14,9% utrzymuje się od października do kwietnia (z maksimum w listopadzie), po czym gwałtownie maleje.

Najbardziej interesujące są roczne zmiany występowania rozpatrywanych wyżów w Regionie Atlantyckim oraz Wyżu Azorskiego (ryc. 53). W pierwszym przypadku zaznaczają się dwa okresy zwiększonej aktywności układów wysokiego ciśnienia: koniec jesieni oraz wiosna, a szczególnie maj. Związane jest to z opisywanym już wiosennym wzrostem częstości występowanie wysokiego ciśnienia w Arktyce oraz jesiennym rozwojem Wyżu Azjatyckiego (Przybylak 1996; Degirmendzić 1998; Niedźwiedz 2006; Jones i Cohen 2011; Serreze i Barrett 2011). Są one przedzielone okresami o bardzo małej liczbie opisywanych wyżów w lecie oraz w grudniu. Największa liczba wyżów występuje w maju (23,6% silnych i 20,0% bardzo silnych wyżów), a poprzedza ją również znaczna liczba układów wysokiego ciśnienia pojawiająca się w kwietniu, odpowiednio 15,1% i 14,0%. W przypadku bardzo silnych wyżów zaznacza się jeszcze jedna charakterystyczna cecha — wzrost częstości występowania tych układów w październiku i listopadzie wynoszący 10% i 14,0%. Odmiennym rocznym przebiegiem liczby bardzo silnych wyżów odznacza się także Region Wyżu Azorskiego (ryc. 53). W tym przypadku roczny przebieg częstości wszystkich badanych wyżów jest odwrotny do najbardziej typowych zmian dla tych układów. Najrzadziej wyże te występują w zimie, a najczęściej w lecie, konkretnie zaś w lipcu (13,9%). Takie zmiany w ciągu roku są wynikiem zmian położenia i intensywności Wyżu Azorskiego (Davis i in. 1997; Katsoulis i in. 1998; Iqbal i in. 2013). Jednak, jeżeli będziemy rozważać tylko wyże bardzo silne (≥ 1035 hPa), to zmiany te najbardziej przypominają częstość występowania wyżów nad Grenlandią. Najmniej rozpatrywanych wyżów występuje latem (1,0—4,8%). W kolejnych miesiącach następuje dość gwałtowny wzrost ich liczby i od października do marca ich częstość utrzymuje się na poziomie ponad 10%. Roczne maksimum występowania bardzo silnych wyżów w tym regionie przypada na luty (14,4%), ale poprzedza je wtórne maksimum (11,5%) w październiku.

Przedstawiony roczny rozkład występowania wyżów zmieniał się w zależności od warunków meteorologicznych panujących w danym roku. Najmniejsze różnice dotyczyły regionów o największej i najmniejszej liczbie wyżów (Grenlandzkiego, Re-

Ryc. 53. Częstość występowania silnych i bardzo silnych układów wysokiego ciśnienia w regionach antycyklonalnych w latach 1951—2010

Fig. 53. Frequency of occurrence of strong and very strong high-pressure systems in anticyclonic regions in the period 1951—2010



Ryc. 54. Udział [%] silnych wyżów występujących w półroczu chłodnym (X—III) w ogólnej liczbie silnych antycyklonów w regionach antycyklonalnych w wieloleciu i kolejnych dziesięcioleciach lat 1951—2010

Fig. 54. Share [%] of number of strong highs occurred in the cool half of the year (Oct.—Mar.) in relation to the overall number of days with strong anticyclones in the anticyclonic regions in the period 1951—2010 and by decade

gionu Wyżu Azjatyckiego i Regionu Południowego), natomiast największe zmiany widoczne są w Regionie Islandzkim i Wyżu Azorskiego. Najlepszym tego przykładem jest zmiana częstości występowania rozpatrywanych wyżów półrocza chłodnego (ryc. 54). W przypadku dwóch pierwszych regionów badana różnica wynosiła odpowiednio 1,4% i 6,3% (dla wyżów o ciśnieniu ≥ 1030 hPa) oraz 5,0% i 3,6% (w przypadku wyżów o ciśnieniu ≥ 1035 hPa). Z kolei w Regionie Południowym prawie zawsze opisywane wyże występowały jedynie w półroczu chłodnym. Wyjątek stanowiło dziesięciolecie 1971—1980, gdy jeden z 13 zaobserwowanych wtedy wyżów wystąpił w maju, oraz lata 1951—1960, w których nie odnotowano żadnego bardzo silnego układu wysokiego ciśnienia.

Większe różnice wystąpiły w Regionie Wyżu Azorskiego i wynosiły odpowiednio 15,2% oraz 30,4%, a cechą charakterystyczną tych zmian jest znaczny spadek liczby bardzo silnych wyżów w ostatnich dwóch dekadach XX w. Największe zmiany widoczne są w przypadku Regionu Islandzkiego. W regionie tym udział silnych wyżów w chłodnej połowie roku wahał się od 7,7% w latach 1991—2000 aż do 51,7% w dziesięcioleciu 1961—1970 (różnica 44%). Jeszcze większe różnice widoczne są, gdy analizujemy występowanie bardzo silnych wyżów. W tym przypadku występują długie okresy, w których omawiane układy w ogóle nie występują (np. lata 1991—2000), oraz takie, w których wszystkie wyże pojawiały się tylko od października do marca (lata 1981—1991).

Podobne prawidłowości widoczne są także, gdy analizujemy różnice częstości występowania badanych układów w poszczególnych miesiącach (tabela 30). Największą zmiennością odznaczają się, oczywiście, wyże w miesiącach chłodnej pory roku, chociaż w obszarze Wyżu Azorskiego również te występujące w lecie. W Regionach Grenlandzkim i Wyżu Azjatyckiego nie przekraczają one 5,0% dla wyżów o ciśnieniu ≥ 1030 hPa oraz 8,4% w przypadku wyżów o ciśnieniu ≥ 1035 hPa. W Regionie Wyżu Azorskiego w sierpniu opisywane różnice sięgają już nawet 11,2% w przypadku silnych wyżów oraz nawet 23,5% w październiku dla wyżów o ciśnieniu ≥ 1035 hPa. W Regionie Islandzkim zmiany częstości występowania wyżów w kolejnych dziesięcioleciach niemal w każdym miesiącu przekraczają kilkanaście procent, a w lutym wielkość tych zmian sięga nawet 20,0%. W przypadku bardzo silnych wyżów zmiany między dekadami są jeszcze większe. Zwykle sięgają ponad 25%, a nawet 50,0%. Jednak należy pamiętać, że w regionie tym w dziesięcioleciach notowano 4—17 bardzo silnych wyżów i zmiana ich liczby o 1 lub 2 układy od razu powodowała powstanie znacznych różnic. Podobne zależności występują w Regionie Południowym. Bardzo duże różnice w liczbie układów wysokiego ciśnienia wynikają z bardzo małej liczby wyżów występujących w tej części badanego obszaru. Roczna liczba silnych wyżów wahała się od 7 w latach 1951—1960 i 1961—1970 do 28 w latach 1991—2000, natomiast roczna liczba bardzo silnych wyżów — od 0 (1951—1960) do 5 (1981—1990 i 1991—2000).

Porównując roczną, sezonową czy też miesięczną liczbę badanych wyżów występującą w kolejnych dziesięcioleciach, nie obserwuje się żadnych wyraźnych cech ich zmian. Przedstawione różnice są z reguły niewielkie i trudno jednoznacznie odpowiedzieć na pytanie o wzrost lub spadek częstości występowania omawianych

Tabela 30. Zakres zmian częstości występowania wyżów w regionach antycyklonalnych w kolejnych dziesięcioleciach lat 1951—2010

Table 30. Range of changes in the frequency of highs in anticyclonic regions in the decades of the period 1951—2010

Region	Zakres zmian liczby wyżów w dziesięcioleciach / Range of the changes of highs number during decades											
	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI
≥ 1030 hPa												
Grenlandzki (I)	0,6	1,3	2,9	3,8	3,1	2,9	3,2	2,1	2,6	2,3	2,4	1,0
Wyżu Azjatyckiego (IIAE)	—	0,7	4,2	3,6	2,8	5,0	5,0	3,6	4,2	2,8	1,9	2,1
Wyżu Azorskiego (IIAW)	8,2	11,2	5,0	6,7	8,4	9,1	4,4	2,4	2,6	5,9	9,1	10,3
Islandzki (IIIA)	9,5	13,8	16,7	13,3	13,8	6,7	17,2	20,0	16,7	12,7	19,5	16,8
Południowy (IV)	—	—	—	—	15,4	25,0	45,7	50,9	23,1	—	7,7	—
≥ 1035 hPa												
Grenlandzki (I)	—	1,2	3,6	2,6	6,0	4,0	3,4	4,3	2,0	5,2	2,4	0,7
Wyżu Azjatyckiego (IIAE)	—	—	1,9	2,4	5,7	5,7	8,4	3,9	6,1	4,7	1,6	—
Wyżu Azorskiego (IIAW)	15,4	7,7	10,5	23,5	17,6	13,1	9,9	13,4	12,9	18,8	15,4	13,6
Islandzki (IIIA)	0,0	5,9	25,0	25,0	23,5	10,0	28,6	50,0	25,0	25,0	50,0	12,5
Południowy (IV)	—	—	—	—	25,0	25,0	80,0	50,0	25,0	—	—	—

— Wyże nie występowały / highs were not not occurred.

układów wysokiego ciśnienia. Potwierdzają to wartości tendencji wieloletniej obliczonej dla trzech wieloleci: od 1951 r., 1961 r. i 1971 r. Niezależnie od tego, czy rozpatrujemy występowanie silnych, czy też bardzo silnych układów wyżowych, dominują zmiany od $-0,1$ do $0,1$ przypadku / 10 lat i dla poszczególnych miesięcy nigdy nie przekraczają wartości $0,5$ przypadku / 10 lat (tabela 31). Podane tendencje są zwykle nieistotne statystycznie. Wynika to z bardzo niewielkiej liczby wyżów, jakie występują w poszczególnych miesiącach, jeżeli rozpatrujemy je w ujęciu regionalnym. Nieco większe tendencje zmian widoczne są głównie, gdy analizujemy wartości roczne lub liczbę wyżów występującą w chłodnej połowie roku. Największe z nich dotyczą wyżów Regionu Grenlandzkiego, których liczba wzrasta zarówno w całym wieloleciu, jak i krótszych okresach o $2,1$ — $2,4$ przypadku / 10 lat i jest istotna statystycznie na poziomie $0,01$. W chłodnej i ciepłej połowie roku zmiany te są mniejsze (wynoszą odpowiednio $1,5$ — $1,6$ przypadku / 10 lat oraz $0,5$ — $0,6$ przypadku / 10 lat) i istotne jedynie dla wielolecia od 1951 r. i 1961 r. Również w Regionie Wyżu Azjatyckiego liczba silnych wyżów zmieniała się tylko w dwóch wspomnianych okresach. Zmiany te wynosiły $1,6$ — $2,7$ przypadku / 10 lat dla liczby rocznej oraz $1,2$ — $2,1$ przypadku / 10 lat dla półrocza chłodnego. W ciepłej połowie roku były one istotne jedynie dla całego wielolecia i wynosiły $0,6$ przypadku / 10 lat.

Jeszcze słabiej zaznaczone są zmiany liczby bardzo silnych wyżów. Właściwie jedynie w Regionie Wyżu Azjatyckiego w kilku miesiącach, a także w przypadku wartości rocznych i półrocza chłodnego można zauważyć niewielki wzrost częstości pojawiania się tych układów dochodzący do $1,3$ przypadku / 10 lat (tabela 31). Warto także zasygnalizować bardzo niewielki (i istotny statystycznie) spadek liczby opisy-

Tabela 31. Tendencja zmian liczby silnych układów antycyklonalnych w sektorze euroatlantyckim w latach 1951—2010 [liczba dni / 10 lat]

Table 31. Trend of change in number of strong anticyclonic systems in the Euro-Atlantic sector during the period 1951—2010 [number of days / 10 years]

Wielolecie / Period	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Rok / Year	IV—IX	X—III
≥ 1030 hPa															
Region Grenlandzki (I)															
Od 1951	0,1	0,1	0,4	0,2	0,1	0,0	0,1	0,1	0,2	0,2	0,4	0,2	2,1	0,6	1,5
Od 1961	0,2	0,2	0,3	0,2	−0,1	0,0	0,1	0,1	0,3	0,2	0,5	0,1	2,3	0,7	1,6
Od 1971	0,0	0,3	0,2	0,1	0,0	0,1	0,1	0,2	0,1	0,0	0,9	0,2	2,4	0,7	1,7
Region Wyżu Azjatyckiego (IIAE)															
Od 1951	0,4	0,3	0,2	0,3	0,2	0,0	0,0	0,0	0,1	0,5	0,4	0,5	2,7	0,6	2,1
Od 1961	0,3	0,2	0,1	0,3	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,1	0,2	1,6	0,4	1,2
Od 1971	0,3	0,0	0,0	0,2	0,2	0,0	0,0	0,0	−0,2	0,0	−0,1	0,3	0,7	0,1	0,5
Region Wyżu Azorskiego (IIAW)															
Od 1951	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,1	−0,1	0,1	−0,1	0,2	0,1	0,0
Od 1961	0,0	0,0	0,0	0,0	−0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,2	0,0	0,1
Od 1971	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	−0,1	0,1	0,0	0,1	0,1	0,0
Region Islandzki (IIIA)															
Od 1951	0,0	0,0	−0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	−0,1
Od 1961	−0,1	0,0	−0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	−0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	−0,2	0,0	−0,2
Od 1971	−0,1	0,0	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,2	0,2	−0,1
Region Południowy (IV)															
Od 1951	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,3	0,0	0,3
Od 1961	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,3
Od 1971	0,3	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	−0,1	0,0	0,2	0,0	0,2
≥ 1035 hPa															
Region Grenlandzki (I)															
Od 1951	0,0	0,0	0,2	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,2	0,1	0,1	0,1	0,7	0,3	0,4
Od 1961	0,0	0,1	0,2	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,2	0,1	0,1	−0,1	0,8	0,4	0,4
Od 1971	−0,2	0,2	0,2	−0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,5	0,0	0,8	0,1	0,5
Region Wyżu Azjatyckiego (IIAE)															
Od 1951	0,2	0,2	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,3	0,3	1,3	0,1	1,1
Od 1961	0,2	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,2	0,2	0,7	0,1	0,7
Od 1971	0,2	−0,1	−0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,2	0,3	0,1	0,1
Region Wyżu Azorskiego (IIAW)															
Od 1951	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	−0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Od 1961	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1
Od 1971	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Region Islandzki (IIIA)															
Od 1951	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Od 1961	−0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	−0,1	0,0	−0,1
Od 1971	−0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0
Region Południowy (IV)															
Od 1951	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,1
Od 1961	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1
Od 1971	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

1,2 — wartości istotne statystycznie na poziomie 0,05 lub 0,01 / values statistically significant at $p < 0.05$ or 0.01;

0,0 — wartości mniejsze niż 0,1 / values lower than 0.1.

wanych układów ($-0,1$ przypadku / 10 lat), jaki miał miejsce w Regionie Islandzkim w styczniu, oraz niewielki wzrost liczby badanych wyżów (o ciśnieniu ≥ 1035 hPa) w styczniu i półroczu chłodnym w Regionie Południowym.

6.4. Czas trwania silnych wyżów w regionach antycyklonalnych

Czas trwania analizowanych układów wyżowych we wszystkich regionach przypominał opisany w poprzednim rozdziale rozkład charakteryzujący występowanie wszystkich silnych wyżów (ryc. 49 i 55). Najwięcej wyżów trwało zwykle 1–3 dni i poza Regionem Wyżu Azorskiego dominowały te najkrótsze. Jest to szczególnie dobrze widoczne w Regionie Grenlandzkim i Południowym, gdzie ponad odpowiednio 48,3% oraz 55,2% wszystkich przypadków stanowią wyże trwające 1–2 dni, a układy nie dłuższe niż 4 dni wynoszą aż 70,3% oraz 79,3%. W pozostałych regionach $\frac{3}{4}$ opisywanych wyżów stanowiły te trwające do 5 (Region Islandzki i Wyżu Azorskiego) lub 6 dni (Wyżu Azjatyckiego).

Najdłużej trwające wyże to przede wszystkim układy występujące nad Grenlandią i wyże azjatyckie, stanowiące w sumie prawie 90% wszystkich przypadków układów o ciśnieniu ≥ 1035 hPa, w tym ponad 50% to układy powstające nad pierwszym z wymienionych obszarów (tabela 32). W Regionie Wyżu Azorskiego zanotowano już tylko 15 długotrwałych silnych wyżów, a w Islandzkim i Południowym — odpowiednio 4 i 3 takie przypadki.

W regionach występowania głównych wyżów kształtujących pogodę i klimat Europy liczba bardzo silnych wyżów stanowi około połowę wszystkich badanych

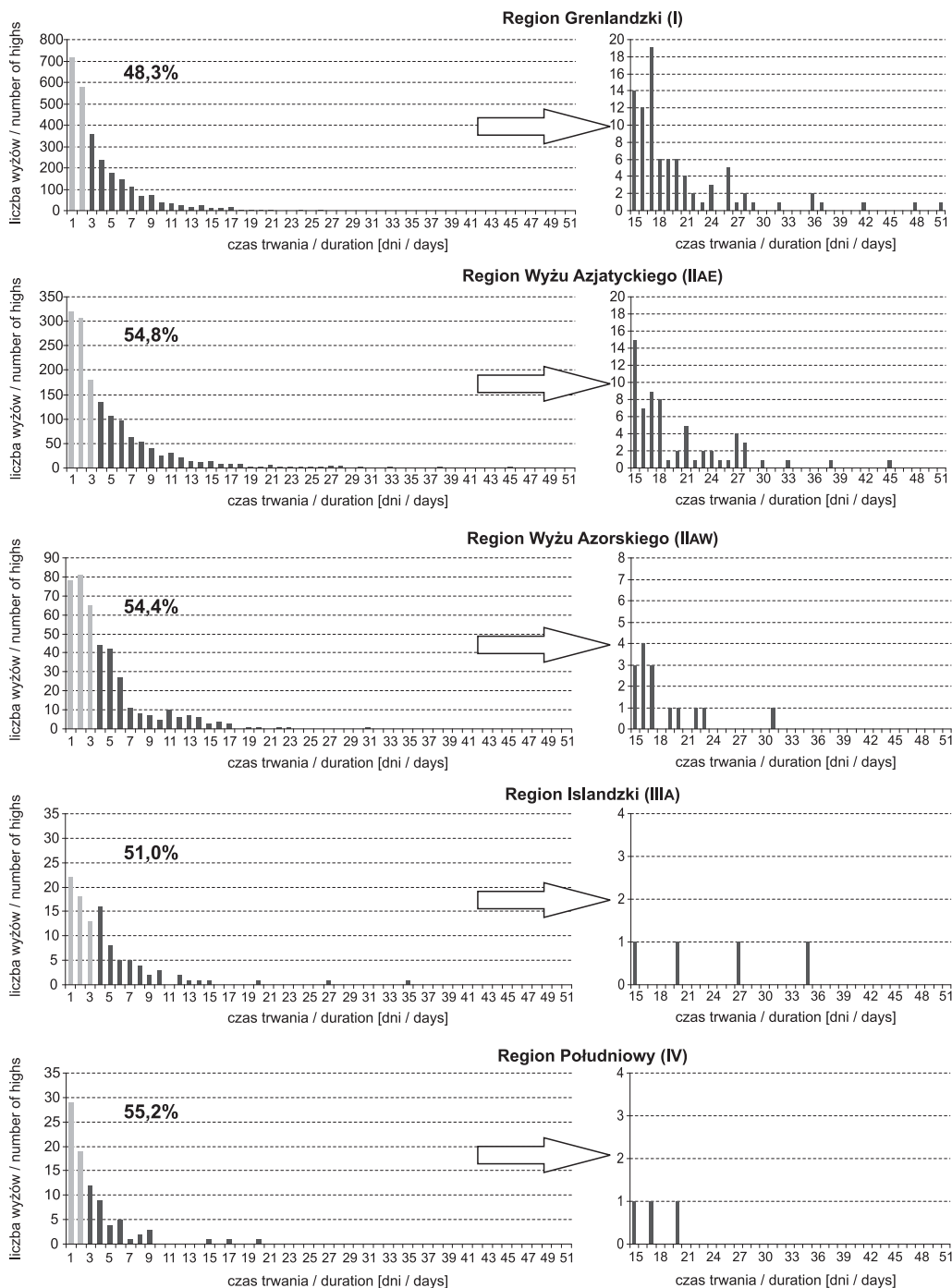
Tabela 32. Udział [%] wyżów występujących w wybranych regionach antycyklonalnych trwających 15 i więcej dni w porównaniu z liczbą wszystkich wyżów, jakie wystąpiły w latach 1951—2010

Table 32. Share [%] of highs in selected anticyclonic regions lasting for 15 days or more in relation to the overall number of highs recorded during 1951—2010

Region	Udział / Share [%]	
	≥ 1030 hPa	≥ 1035 hPa
Grenlandzki (I)	50,6	51,7
Wyżu Azjatyckiego (IIAE)	36,9	37,8
Wyżu Azorskiego (IIAW)	8,5	7,6
Islandzki (IIIA)	2,3	1,7
Południowy (IV)	1,7	1,2
Suma / Sum	100,0	100,0

Ryc. 55. Czas trwania silnych układów antycyklonalnych występujących w wybranych regionach antycyklonalnych w latach 1951—2010 — układy o ciśnieniu ≥ 1030 hPa

Fig. 55. Duration of strong anticyclonic systems in selected anticyclonic regions in the period 1951—2010: Systems with a pressure ≥ 1030 hPa



■ wyży stanowiące około połowy wszystkich układów antycyklonalnych spełniających podane kryterium ciśnienia / high pressure systems which make about a half of all anticyclonic systems fulfilling the given atmospheric pressure criterion

56,2% – procentowy udział wyróżnionych wyżów / share in per cent of the distinguished high pressure systems

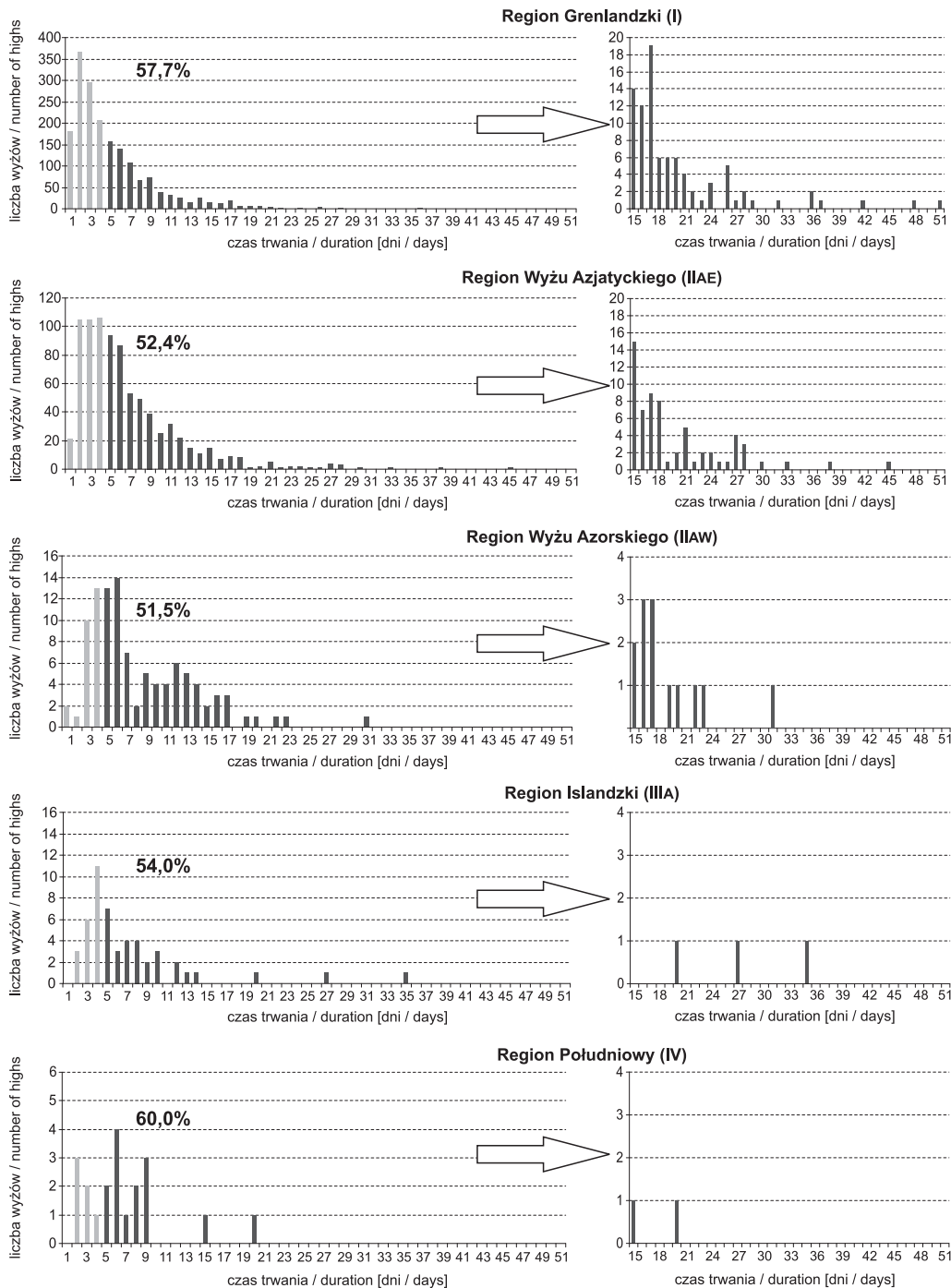
układów wysokiego ciśnienia (tabela 27), a nad Grenlandią — nawet prawie 70%, natomiast w Regionie Wyżu Azorskiego oraz Regionie Południowym — około $\frac{1}{4}$. Podobnie jak w przypadku, gdy rozpatrywano wszystkie wyże występujące w sektorze euroatlantyckim, większość z nich trwa wyraźnie dłużej niż wyże o ciśnieniu niższym niż 1035 hPa. Poza Grenlandią, gdzie ponad połowa analizowanych przypadków trwa do 4 dni, w pozostałych regionach 50—60% bardzo silnych wyżów trwa do 5—6 dni, a wyżów trwających tylko jeden dzień jest bardzo niewiele lub wcale nie występują (ryc. 56). Warto także zauważyć, że mimo ogólnego podobieństwa rozkładu czasu trwania omawianych układów w każdym regionie jest on nieco inny. Najbardziej stopniowo zmieniała się liczba coraz dłużej trwających wyżów w Regionie Grenlandzkim i Islandzkim, chociaż w drugim z wymienionych obszarów jest ich wielokrotnie mniej niż tych występujących nad Grenlandią. Wyże występujące w Regionie Wyżu Azjatyckiego i Azorskiego charakteryzuje: bardzo mała liczba układów jednodniowych (a w drugim z wymienionych obszarów — także dwudniowych), gwałtowny wzrost liczby wyżów trwających odpowiednio do 5—6 dni oraz znaczny spadek częstości występowania dłużej trwających układów. O ile w Regionie Wyżu Azorskiego maksimum opisywanego rozkładu jest dobrze zaznaczone, o tyle w regionie Wyżu Azjatyckiego liczba wyżów trwających 2—5 dni jest podobna. Ze względu na bardzo małą liczbę bardzo silnych wyżów występujących w Regionie Południowym (20 przypadków) trudno stwierdzić prawidłowość dotyczącą czasu ich trwania. Prawie wszystkie wynosiły mniej niż 10 dni, jedynie dwa wyże trwały dłużej niż dwa tygodnie.

Najdłużej trwające wyże (15 i więcej dni) prawie zawsze należały do bardzo silnych układów wysokiego ciśnienia (ryc. 55—56). Najczęściej występujące i najdłużej trwające z rozpatrywanych wyżów to te należące do Regionu Grenlandzkiego, w tym opisywany wcześniej wyż, który trwał 51 dni. Poza tym obszarem, jeszcze tylko raz, w Regionie Wyżu Azjatyckiego, występowały układy trwające dłużej niż 40 dni. W pozostałych regionach wyże trwające ponad dwa tygodnie pojawiły się piętnastokrotnie w Regionie Wyżu Azorskiego, trzy razy w Regionie Islandzkim i dwa razy w Południowym.

Wyże występujące nad Grenlandią to układy, które bardzo rzadko swoim zasięgiem obejmują inne obszary, a centrum takich układów zwykle zlokalizowane jest nad wyspą. Centra wyżów należących do Regionu Wyżu Azjatyckiego także na ogół położone są w jego obszarze. Jednak w tym przypadku zasięg badanych układów często jest tak duży, że obejmuje regiony przyległe, w wyjątkowych przypadkach sięgając do Europy Zachodniej. Bardzo silne i długotrwałe układy wysokiego ciśnienia występujące w pozostałych regionach wyraźnie różnią się od poprzednich. Nie zawsze też powstają w regionie, do którego zostały przypisane. W takich przypadkach dopiero w badanym obszarze następował znaczący wzrost ciśnienia i dalej

Ryc. 56. Czas trwania silnych układów antycyklonalnych występujących w wybranych regionach antycyklonalnych w latach 1951—2010 — układy o ciśnieniu ≥ 1035 hPa

Fig. 56. Duration of strong anticyclonic systems in selected anticyclonic regions in the period 1951—2010: Systems with a pressure ≥ 1035 hPa



■ wyży stanowiące około połowy wszystkich układów antycyklonalnych spełniających podane kryterium ciśnienia /
high pressure systems which make about a half of all anticyclonic systems fulfilling the given atmospheric pressure criterion

56,2% – procentowy udział wyróżnionych wyżów / share in per cent of the distinguished high pressure systems

układ przemieszczał się jako silny lub bardzo silny wyż. Wszystkie długotrwałe wyże występujące w Regionie Islandzkim, Południowym czy Wyżu Azorskiego to układy powstałe na Atlantyku, a trasy którymi się przemieszczały zwykle obejmowały kilka różnych obszarów. Śledząc trasy przemieszczania się tych układów, często obserwowano, że powracały one do rejonów, nad którymi przemieszczały się wcześniej. Przykładami takich wyżów są najdłużej trwające układy wysokiego ciśnienia powstałe w trzech wymienionych wcześniej regionach.

W Regionie Islandzkim takim układem był bardzo silny wyż, jaki powstał 30 kwietnia 1991 r. i trwał do 3 czerwca (35 dni). W dniach poprzedzających powstanie tego układu nad Skandynawią rozbudował się bardzo silny ośrodek wysokiego ciśnienia, natomiast nad Atlantykiem i Grenlandią powstały dwa nieco słabsze wyże. 30 kwietnia wyż znad Grenlandii zaczął zanikać, a w strefie podwyższonego ciśnienia łączącej Wyż Azorski i układ znad Skandynawii, w rejonie Islandii, powstał kolejny układ wysokiego ciśnienia. Następnie połączył się on z Wyżem Azorskim i przez kilka dni zalegał nad Atlantykiem, na zachód od Wysp Brytyjskich. W tym czasie ciśnienie w centrum układu osiągnęło swoją najwyższą wartość dobową 1040,5 hPa (2.05.1991). W kolejnych dniach opisywany wyż przemieścił się na południe do szerokości około 40°N, aby potem powrócić na północ i ponownie przesunąć się ku Azorom. W drugiej połowie maja, już jako bardzo rozbudowany, Wyż Azorski objął swoim zasięgiem całą Europę Zachodnią i Środkową, a centrum układu znajdowało się wtedy nad Wielką Brytanią. Pod koniec miesiąca centrum wyżu przesunęło się ponownie w kierunku Islandii, gdzie cały układ zaczął zanikać.

Podobnie długotrwałym wyżem (trwającym 31 dni) był układ, jaki powstał nad Atlantykiem, w rejonie Azorów, 3 stycznia 1995 r. Przez około 10 pierwszych dni był on wyżem stacjonarnym, a ciśnienie w centrum układu wzrastało do około 1040 hPa. W kolejnych dniach wyż ten zaczął się przemieszczać nad Europą w kierunku Azji, gdzie 17 stycznia połączył się z Wyżem Azjatyckim. Już jako Wyż Azjatycki oddziaływał na wschodnią część rozpatrywanego obszaru, 20 stycznia osiągając swoją najwyższą wartość ciśnienia 1047,2 hPa. W kolejnych dniach cały układ przesunął się powoli na wschód, by 2 lutego całkowicie przemieścić się poza obszar badań.

Ostatni z opisywanych wyżów powstał 31 grudnia 1985 r. pośrodku Atlantyku, na południe 40°N, w strefie podwyższonego ciśnienia. Aż do około 17 stycznia 1986 r. rozwijał się jako rozległy wyż stacjonarny, a najwyższe ciśnienie w centrum tego układu wystąpiło 12 stycznia i osiągnęło 1039,7 hPa. 18 stycznia wyż ten przesunął się w kierunku Morza Śródziemnego i dzień później zanikł nad północną Afryką.

W poszczególnych miesiącach rozkład czasu trwania silnych i bardzo silnych wyżów w regionach antycyklonalnych jest podobny do rozkładu wartości rocznych. Na Grenlandię i w Regionie Wyżu Azjatyckiego w miesiącach letnich notuje się odpowiednio 7—12 oraz 1—10 wyżów, trwających głównie 1—2 dni w przypadku wyżów o ciśnieniu ≥ 1030 hPa i 2—5 dni w przypadku bardzo silnych układów wysokiego ciśnienia. Wyże trwające dłużej niż dwa tygodnie występują bardzo rzadko. Nad Grenlandią najczęściej notowano takie układy w listopadzie i było to siedem

przypadków trwających 17 dni. W Regionie Wyżu Azjatyckiego najwięcej takich wyżów wystąpiło w grudniu (6) i trwały one po 15 dni.

Najbardziej wyróżniał się Region Wyżu Azorskiego. Większość silnych wyżów występowała tu głównie od czerwca do października i przeważnie trwała 1—3, czasami do 5 dni. W pozostałych miesiącach maksimum częstości czasu tych układów było nieco przesunięte i przypadało na około 3—7 dni. Natomiast bardzo silne wyże występujące w tym regionie pojawiały się głównie w chłodnej połowie roku i zwykle trwały 3—6 dni.

W dwóch ostatnich regionach (Islandzkim i Południowym) miesięczna liczba badanych układów wysokiego ciśnienia jest wyjątkowo mała, a czas ich trwania na tyle zróżnicowany, że trudno wskazać regułę ich występowania. Można jedynie stwierdzić, że w Regionie Islandzkim na ogół trwają one nie dłużej niż 10 dni, a bardzo silne wyże przeważnie 3—9 dni. Jedynie w kwietniu, maju i czerwcu rozkład czasu ich występowania przypomina rozkład trwania wartości rocznych. W Regionie Południowym takie podobieństwo jest zauważalne tylko w miesiącach zimowych i dotyczy przede wszystkim wyżów o ciśnieniu poniżej 1035 hPa. W pozostałych miesiącach liczba wyżów trwająca określoną liczbę dni waha się od 1 do 2 przypadków. Niezależnie od intensywności układu i miesiąca, w jakim wyże występują, są to układy krótkotrwałe, zaledwie trzykrotnie trwające dłużej niż 9 dni.

7. Przestrzenny rozkład występowania centrów silnych układów antycyklonalnych w sektorze euroatlantyckim w latach 1951–2010

Ostatnią opisywaną cechą, która charakteryzuje występowanie silnych układów antycyklonalnych w sektorze euroatlantyckim, jest przestrzenny rozkład i zmiana częstości położenia centrów rozpatrywanych wyżów. Jak już wspomniano w poprzednim rozdziale, każdy z badanych układów wysokiego ciśnienia został scharakteryzowany m.in. przez położenie jego centrum w danym dniu i przypisanie go do jednego z punktów gridowych. Na tej podstawie określono częstość, z jaką w poszczególnych punktach pojawiało się centrum układu wyżowego. W ten sposób uzyskano obraz nie tylko samej częstości pojawiania się analizowanych układów w danym obszarze, ale pośrednio i „tras”, którymi najczęściej się one przemieszczają. W ostatnim przypadku trzeba zachować ostrożność w interpretacji przemieszczania się silnych antycyklonów. Należy bowiem pamiętać, że w przyjętej metodzie nie badano podobieństwa przebiegu tras, którymi poruszały się poszczególne wyży, ale rejony, w których występowały najczęściej (mogące stanowić także wypadkową łączenia lub przecinania się niektórych szlaków).

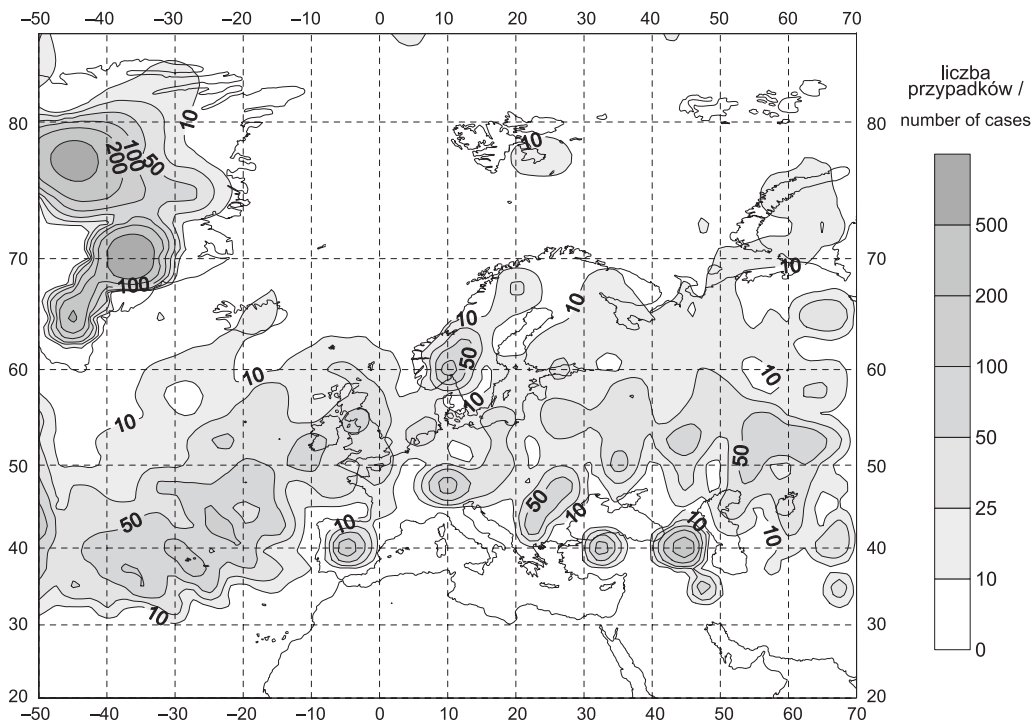
Metoda zapisu trasy przemieszczania się omawianych wyżów zakładała zaznaczenie położenia centrum danego układu oraz wartość jego ciśnienia w ciągu kolejnych dni. Przy tak przyjętych założeniach pojawił się problem układów „wkraczających” nad rozpatrywany obszar. W takich przypadkach często centrum danego wyżu znajdowało się poza granicami wydzielonego sektora. Dotyczyło to w szczególności wyżów azjatyckich. Ich centra najczęściej położone były poza 75°E , natomiast swoim zasięgiem obejmowały znaczną część badanego obszaru. W takich sytuacjach, według przyjętej metody, punkty gridowe o najwyższym ciśnieniu w danym układzie barycznym stawały się centrami poszczególnych wyżów.

W rezultacie obraz przestrzennego rozkładu charakteryzował się występowaniem wąskiej strefy znacznej liczby takich pseudocentrów, rozciągającej się wzdłuż wschodniej granicy rozpatrywanego obszaru. Z tego powodu postanowiono, że w niniejszym rozdziale analizowany sektor euroatlantycki zostanie ograniczony do $67^{\circ}30'E$ (ze względu na sposób prezentacji na rycinach pozostawiono obszar rozciągający się do $70^{\circ}E$). Podobny problem, chociaż na dużo mniejszą skalę, występował na zachodnich i północnych peryferiach badanego obszaru. Postanowiono jednak, że dane z tej części sektora nie zostaną pominięte. Decyzję taką podjęto głównie ze względu na charakter występowania wyżów nad Grenlandią (rzadko przemieszczają się poza wyspę) i ich lokalizację w tym regionie. Jednocześnie położoną poniżej (między $30^{\circ}N$ a $60^{\circ}N$) niewielką strefę zwiększonej liczby omawianych centrów barycznych należy traktować jako wschodnie peryferia wyżów występujących na zachód od badanego obszaru. Podobnie należy interpretować niewielkie obszary występowania centrów wyżów na północy, pojawiające się głównie w miesiącach wiosennych, które oznaczają wpływ wyżów z rejonów przyległych.

Ze względu na niewielką liczbę bardzo silnych układów antycyklonalnych występujących na większości analizowanego obszaru (poza Grenlandią) w niniejszym rozdziale nie uwzględniono podziału na silne i bardzo silne wyże. Wartości charakterystyk obliczonych w tej części opracowania podawane są jako liczba centrów badanych układów wysokiego ciśnienia, które wystąpiły w danym punkcie gridowym. Zwykle podawane są wartości maksymalne, które pojawiły się w obszarach największej częstości występowania opisywanych wyżów w poszczególnych regionach czy strefach. Jeżeli nie zaznaczono inaczej, to dotyczą one całego wielolecia (1951—2010).

7.1. Przestrzenny rozkład występowania centrów silnych układów antycyklonalnych — zmienność wieloletnia

Badając występowanie silnych układów wysokiego ciśnienia, stwierdzono, że obszary, w których najczęściej pojawiały się ich centra, tworzą dwie wyróżniające się strefy. Pierwsza z nich to pas rozciągający się od obszaru najczęstszego występowania Wyżu Azorskiego na Oceanie Atlantyckim, przez Europę, aż nad Nizinę Wschodnioeuropejską (ryc. 57). Drugi obszar, w którym notuje się najwięcej układów antycyklonalnych, to Grenlandia. Liczba występujących tam wyżów i ich trwałość wielokrotnie przekraczają liczbę wyżów występujących w innych obszarach o podobnej wielkości. Jak już wcześniej wielokrotnie wspomniano, Region Grenlandzki charakteryzuje nie tylko największa częstość występowania silnych i bardzo silnych wyżów, ale i największy zasięg ich oddziaływania. Cechę tę dobrze oddaje rozciągnięta z północy na południe strefa, w której pojawia się większość centrów wyżów grenlandzkich. W strefie tej bardzo dobrze widoczne są trzy obszary zwiększonej częstości występowających tam układów. Pierwszy z nich, zajmujący największą



Ryc. 57. Rozkład przestrzenny występowania centrów silnych układów antycyklonalnych w sektorze euroatlantyckim w latach 1951–2010

Fig. 57. Spatial distribution of centres of strong anticyclonic systems in the Euro-Atlantic sector in the period 1951–2010

powierzchnię, położony jest między 75°N a 80°N na zachód od 40°W, drugi znajduje się na szerokości geograficznej 70°N, między 30°W a 40°W, a najmniejszy obejmuje rejon wokół punktu węzłowego 65°N, 45°W. W całym badanym wieloleciu w centralnych punktach tych obszarów notowano ponad 500 przypadków wystąpienia centrów badanych wyżów.

W pierwszym z wyróżniających się obszarów było to prawie 1000 przypadków, na południu Grenlandii ponad 700, a w centrum regionu — ponad 1800. Niewielka szerokość opisywanej strefy wskazuje na dość dużą stabilność wyżów występujących nad Grenlandią, których zasięg zwykle nieznacznie wykraczał poza Region Grenlandzki. Nieco większą szerokością odznacza się północny fragment wspomnianej strefy, co związane jest z przemieszczaniem się części występujących tam wyżów z zachodu na wschód (rzadziej w kierunku odwrotnym). Wyże powstające nad południową Grenlandią są bardziej stabilne. Jeżeli zmieniają swoje położenie, to zwykle poruszają się wzdłuż osi łączącej najmniejszy i środkowy obszar zwiększonej liczby centrów rozpatrywanych antycyklonów (oś SW—NE). Zdarzają się również sytuacje, w których nad Grenlandią powstają dwa lub trzy obszary podwyższonego ciśnienia równocześnie. Czasami też powstają wtórne i dość silne centra baryczne w obszarze bardziej rozległego wyżu, które najczęściej łączą się następnie w jeden

silny ośrodek antycyklonalny. Ciekawe są także przypadki, w których wyże powstałe w jednym z trzech obszarów największej częstości ich występowania przemieszczały się wzdłuż całej wyspy z północy na południe (lub odwrotnie), czy też wkraczanie wyżów znad bieguna i ich przesuwanie się na południe Grenlandii.

Zupełnie inaczej przedstawia się częstość występowania centrów silnych wyżów we wspomnianej wcześniej strefie, pasem obejmującej prawie całą Europę i część Atlantyku (oś Wojekowa). Ze względu na znacznie większą przestrzenną zmienność występowania badanych układów granice tej strefy, wyznaczone przez izolinie 10 przypadków, jakie wystąpiły w całym wieloleciu, obejmują pas o szerokości około 20—30° szerokości geograficznej. Zwęża się on nieznacznie w obszarze położonym między 0° a 10°E i rozszerza wokół południka przebiegającego przez Islandię oraz przy wschodniej granicy sektora euroatlantyckiego. Wspomniane zwężenie wyznacza rejon, nad którym rzadko przemieszczają się tak silne antycyklony. Jest to raczej obszar, w którym zwykle kończy się wpływ wyżów azorskich i atlantyckich z zachodu oraz układów wysokiego ciśnienia napływających ze wschodu. O wiele rzadziej pojawiają się tam także wyże znad Wysp Brytyjskich i Morza Północnego oraz układy wysokiego ciśnienia powstające na południu Europy (Bielec-Bąkowska 2010c).

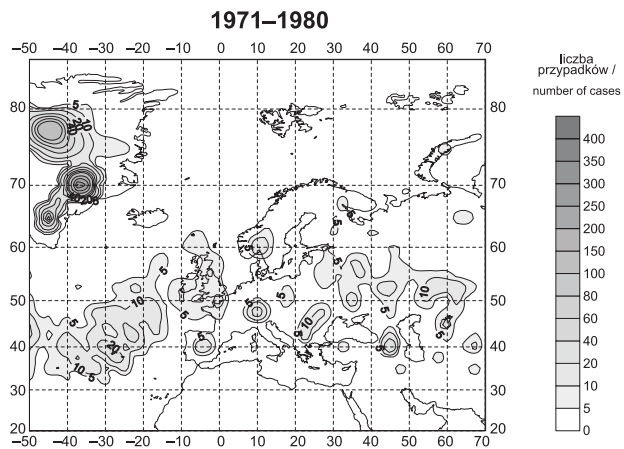
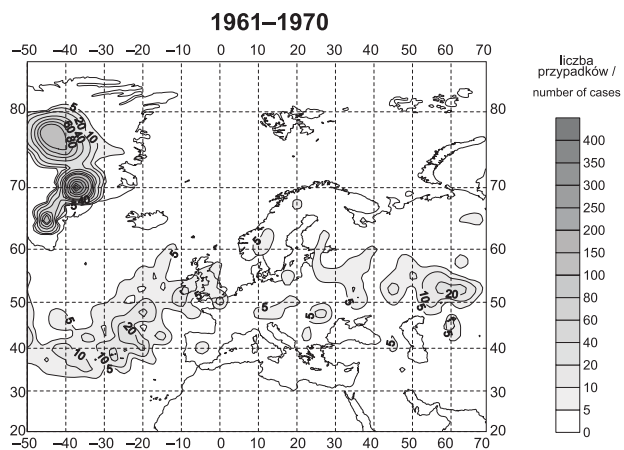
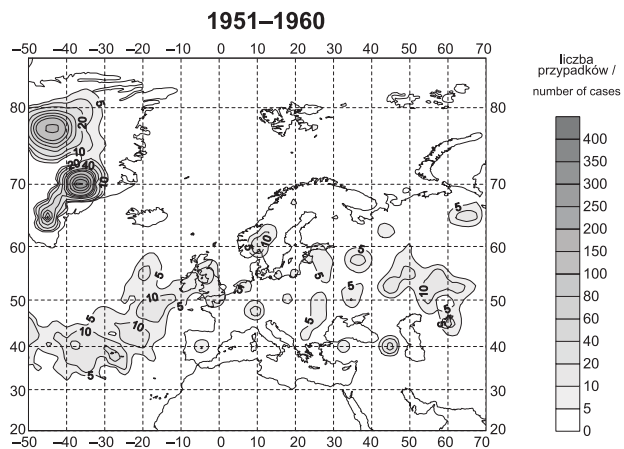
Zachodnia część opisywanej strefy to przede wszystkim obszar działalności Wyżu Azorskiego oraz wyżów znad Atlantyku. Oś największej częstości występowania tych układów łączy rejon Azorów z Wyspami Brytyjskimi. Wyznacza ona wąski obszar, w którym liczba występujących wyżów wahała się od około 50 do ponad 100 w wieloleciu. Oznacza to, że średnio w ciągu roku nad każdym punktem gridowym tego obszaru przemieszcza się jedno lub dwa centra analizowanych układów wysokiego ciśnienia. Większość tych wyżów to wyże azorskie, które na ogół mając centrum nad oceanem swoim zasięgiem obejmują także Europę Zachodnią. Jednak pewna część tych układów zamiast na północny wschód przemieszcza się w kierunku Morza Śródziemnego, obejmując swoim wpływem południową część kontynentu i północną Afrykę (Katsoulis i in. 1998). Do tej części rozpatrywanej strefy należy również obszar występowania wyżów atlantyckich (region IIIA). Jednak liczba tam występujących wyżów jest znacznie mniejsza. Nad samą Islandią i w położonym na południe od niej rejonie pojawiło się nie więcej niż 10—20 przypadków silnych wyżów w każdym punkcie gridowym (w ciągu 60 lat). Oznacza to, że przejścia centrum takich układów barycznych nad danym miejscem można się spodziewać mniej więcej raz na trzy—cztery lata i są to przeważnie wyże wiosenne. Nieco więcej jest wyżów powstających na zachód od Wysp Brytyjskich, które zwykle przemieszczają się nad Morze Północne, a następnie na wschód — nad Bałtyk i Europę Środkową, lub wzdłuż Półwyspu Skandynawskiego ku wyższym szerokościom geograficznym.

W strefie częstego występowania badanych układów antycyklonalnych położonej na wschód od 10°E można wyróżnić wyraźnie zarysowany pas wyższej częstości występowania centrów rozpatrywanych ośrodków barycznych oraz rozmyty obszar, nad którym silne wyże występowały po 10—20 razy w ciągu wielolecia. Zwiększona liczba badanych antycyklonów występuje w obszarze rozciągającym się od wschod-

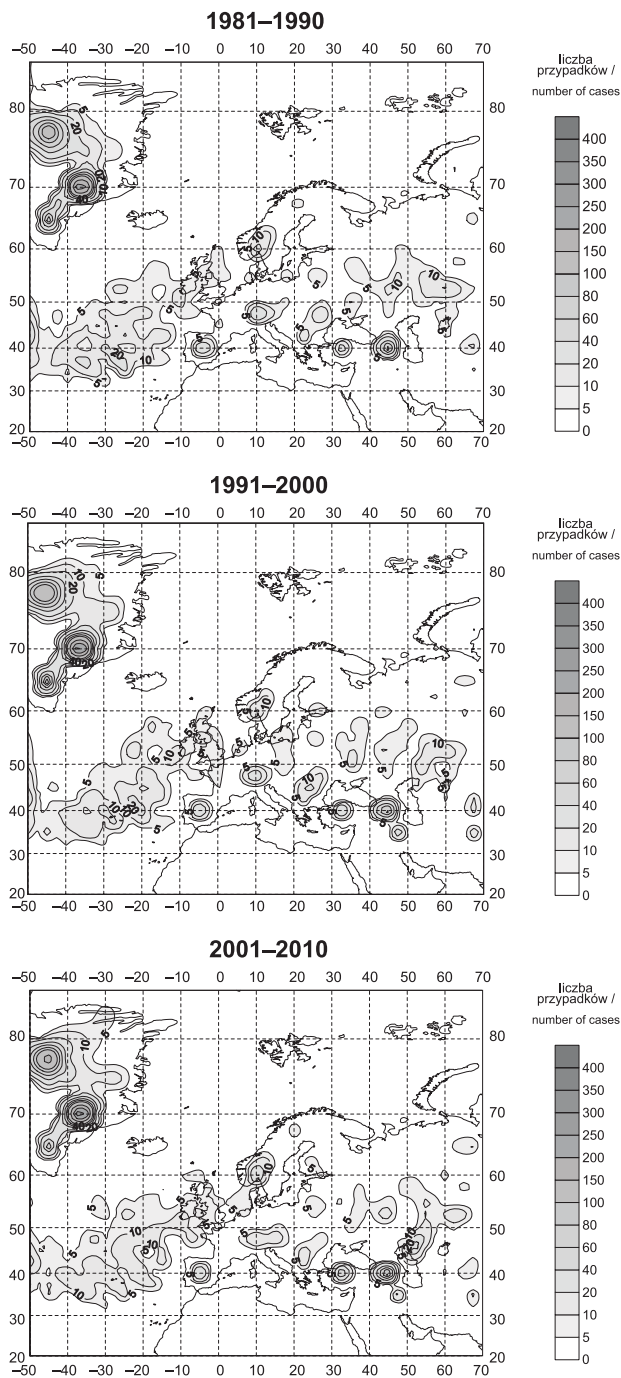
niej granicy sektora euroatlantyckiego do Europy Środkowej, wzdłuż linii położonej nieco powyżej 50°N i odchylającej się lekko ku północnemu zachodowi. Występowanie takiej strefy związane jest głównie z wyżami przemieszczającymi się z Azji do Europy, a ich liczba określona dla poszczególnych punktów gridowych wzrasta z zachodu na wschód od około 30 do ponad 50 przypadków w wieloleciu. Na północ i południe od tej strefy liczba badanych wyżów znacząco maleje. Jednak o ile w kierunku południowym ten spadek jest dosyć gwałtowny, o tyle po stronie północnej (powyżej około 60°N) aż do wybrzeży Europy rozciąga się wspomniany wcześniej obszar niewielkiej częstości występowania analizowanych układów barycznych.

Wzdłuż południowej granicy całej strefy zwiększonej częstości występowania centrów silnych wyżów (pas rozciągający się od Atlantyku po Ural) leży kilka niewielkich obszarów, w których badane wyże występują częściej niż na terenach otaczających. Należą do nich: wnętrze Półwyspu Iberyjskiego, rejon Alp, część Półwyspu Bałkańskiego, Wyżyna Anatolijska, rejon Kaukazu czy Pamir. We wszystkich wymienionych obszarach występujące nad nimi wyże są głównie układami lokalnymi powstającymi w chłodnej porze roku. Sprzyjają temu nie tylko ogólne cechy cyrkulacji atmosfery w tym sezonie, ale również znaczna wysokość nad poziomem morza i ukształtowanie tych terenów (Godev 1971; Katsoulis i in. 1998). Podobny obszar występuje także nad południową Skandynawią. Jest on związany z silnymi układami wysokiego ciśnienia, które mogą powstawać jako wtórne centra w klinach Wyżu Azjatyckiego (Degirmendzić 1999) lub w klinie wysokiego ciśnienia wyżów arktycznych. W drugim z tych przypadków następuje blokada przepływu zachodniego i rozwój cyrkulacji południkowej (Martyn 1987).

Opisywany przestrzenny rozkład występowania silnych układów wysokiego ciśnienia zmieniał się w czasie nieznacznie (ryc. 58). Największą stałością charakteryzowało się występowanie wyżów grenlandzkich i azorskich. Większe zmiany widoczne są we wschodniej części rozpatrywanego sektora. Dotyczą one przede wszystkim liczby wyżów pojawiających się w poszczególnych rejonach, a nie ich rozkładu przestrzennego. Najlepszym przykładem takich zmian jest liczba wyżów, jaka pojawiała się w opisywanych wcześniej obszarach występowania lokalnych układów wysokiego ciśnienia. W pierwszych trzech dekadach badanego wielolecia w rejonach tych silne wyże pojawiały się sporadycznie, a w latach 1961—1970 u wybrzeży Morza Czarnego nie wystąpił ani jeden przypadek takiego wyżu. W kolejnych latach liczba silnych wyżów powoli rosła. W ostatnim dziesięcioleciu średnio w każdym punkcie gridowym Zakaukazia centrum silnego układu wysokiego ciśnienia występowało aż do 130 razy (w pierwszych dekadach notowano 9—48 takich sytuacji).



Ryc. 58.
Fig. 58.



Ryc. 58. Rozkład przestrzenny występowania centrów silnych układów antycyklonalnych w sektorze euroatlantyckim w kolejnych dziesięcioleciach okresu 1951–2010

Fig. 58. Spatial distribution of centres of strong anticyclonic systems in the Euro-Atlantic sector by decade in the period 1951–2010

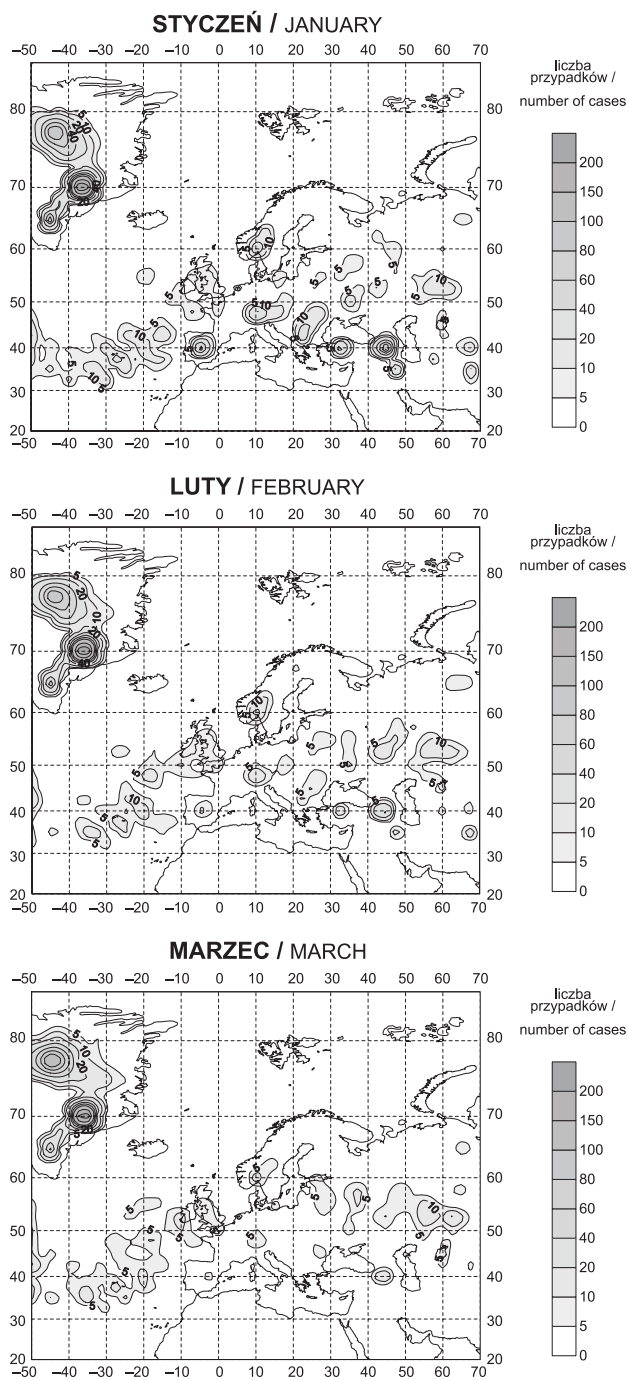
7.2. Przestrzenny rozkład występowania centrów silnych układów antycyklonalnych — przebieg roczny

Największe zmiany w przestrzennym rozkładzie występowania silnych układów wysokiego ciśnienia widoczne są w przebiegu rocznym. Najbardziej oczywista z nich to zmiana liczby występujących układów barycznych. W tym przypadku ponownie Region Grenlandzki musi być rozpatrywany osobno. Powodem jest nie tylko duża liczba występujących tam silnych układów antycyklonalnych, ale i bardzo duże ich zmiany w ciągu roku. Najłatwiej można to zauważyć, porównując liczbę wyżów występujących w chłodnej połowie roku — do około 250 przypadków miesięcznie oraz w miesiącach letnich — z nieco ponad 30 przypadkami w poszczególnych punktach gridowych (w okresie 1951—2010; ryc. 59). Warto przypomnieć, że nad Grenlandią najwięcej wyżów pojawia się nie zimą, ale jesienią. Znalazło to swoje potwierdzenie w największej liczbie centrów wyżowych (przypisanych do punktu gridowego), jakie wystąpiły na Grenlandii w październiku — 345 przypadków w całym wieloleciu. Nieco mniej (maksymalnie 306 przypadków) występowało w listopadzie, a w następnych czterech miesiącach liczba ta utrzymywała się na poziomie około 250 wyżów. W miesiącach przejściowych między wyraźnymi „sezonami wyżowymi”, czyli w kwietniu i we wrześniu największa liczba zanotowanych wyżów to odpowiednio 117 i 122 przypadki. Najrzadziej analizowane wyże występowały w maju, a największa odnotowana w tym miesiącu liczba ich centrów to 28. W pozostałych miesiącach była ona niewiele wyższa i nie przekroczyła 45 przypadków.

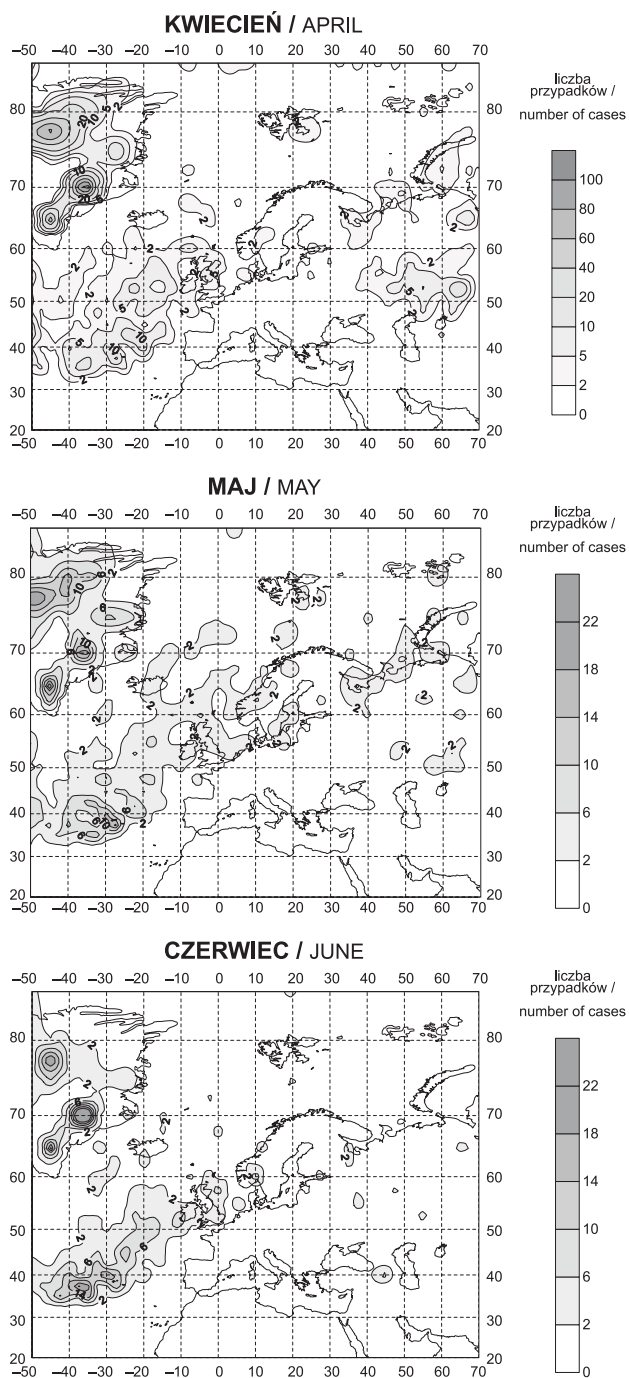
Na pozostałym obszarze sektora euroatlantyckiego liczba centrów badanych układów była znacznie niższa i zwykle wahała się od kilku do 20—40 przypadków miesięcznie. Wyjątek stanowią lokalne wyże, powstające nad regionami wyżynnymi i górkami zlokalizowanymi wzdłuż południowej granicy opisywanego pasa zwiększonej częstości występowania silnych wyżów. W rejonach tych, w chłodnej połowie roku, największa miesięczna liczba badanych wyżów osiąga 40—60 przypadków w wieloleciu, a w obszarze Kaukazu w grudniu i styczniu przekracza nawet 100.

Wraz ze zmianami liczby układów wysokiego ciśnienia zmienia się także ich rozkład przestrzenny. Najbardziej widoczną zmianą jest przesunięcie się stref zwiększonej częstości pojawiania się wyżów ku biegunowi lub w kierunku równika. Związane to jest z powszechnie znanymi rocznymi cyklami zmiany cyrkulacji atmosferycznej, które z kolei są wynikiem rocznych zmian oświetlenia Ziemi. Z tego powodu w zimie pas większej liczby silnych wyżów rozciągający się od Atlantyku po Ural jest przesunięty w kierunku zwrotników, dochodząc do 30°N na Oceanie Atlantyckim oraz do 40—50°N we wschodniej części badanego obszaru (ryc. 59 i 60).

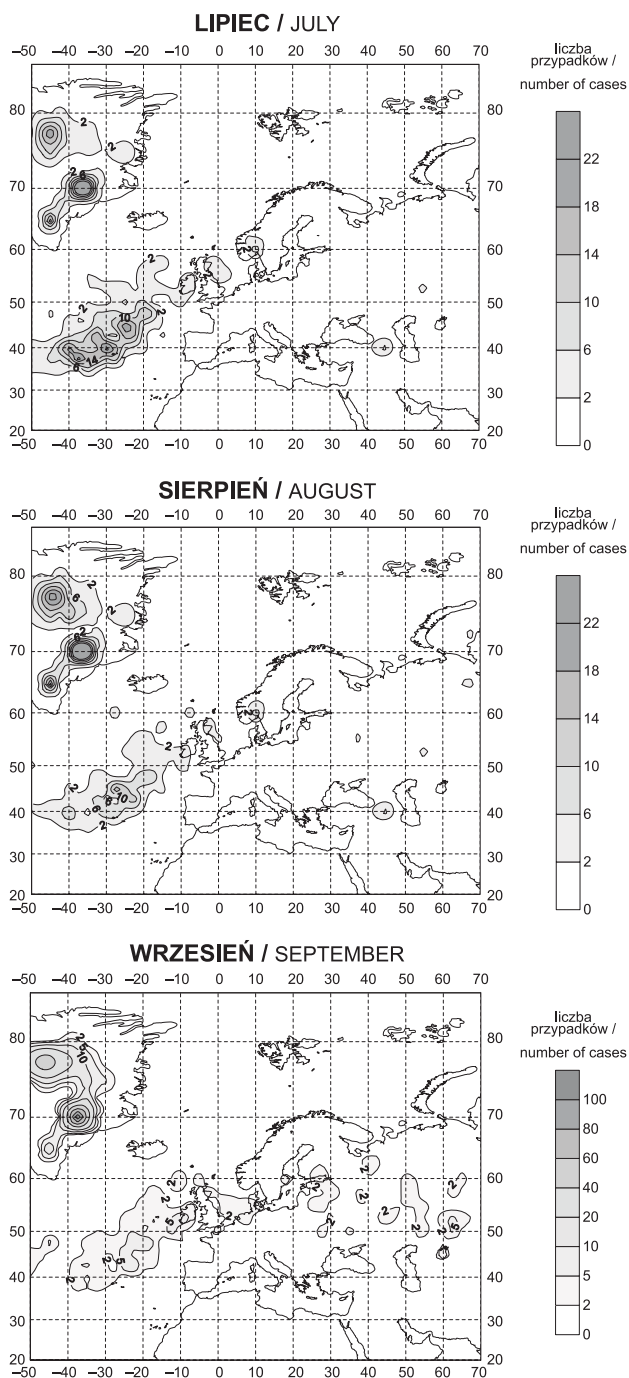
W cieplej połowie roku zasięg Wyżu Azorskiego wzrasta, a obszar jego oddziaływania wyraźnie przesunął się na północ, sięgając nad Wyspy Brytyjskie, a czasami aż do Islandii. Prawie dwukrotnie wzrasta także liczba takich układów. Równocześnie we wschodniej części rozpatrywanego obszaru występowanie silnych układów antycyklonalnych prawie zanika. W półroczu ciepłym bardzo wyróżnia się występowanie silnych układów antycyklonalnych w miesiącach wiosennych. Dotyczy



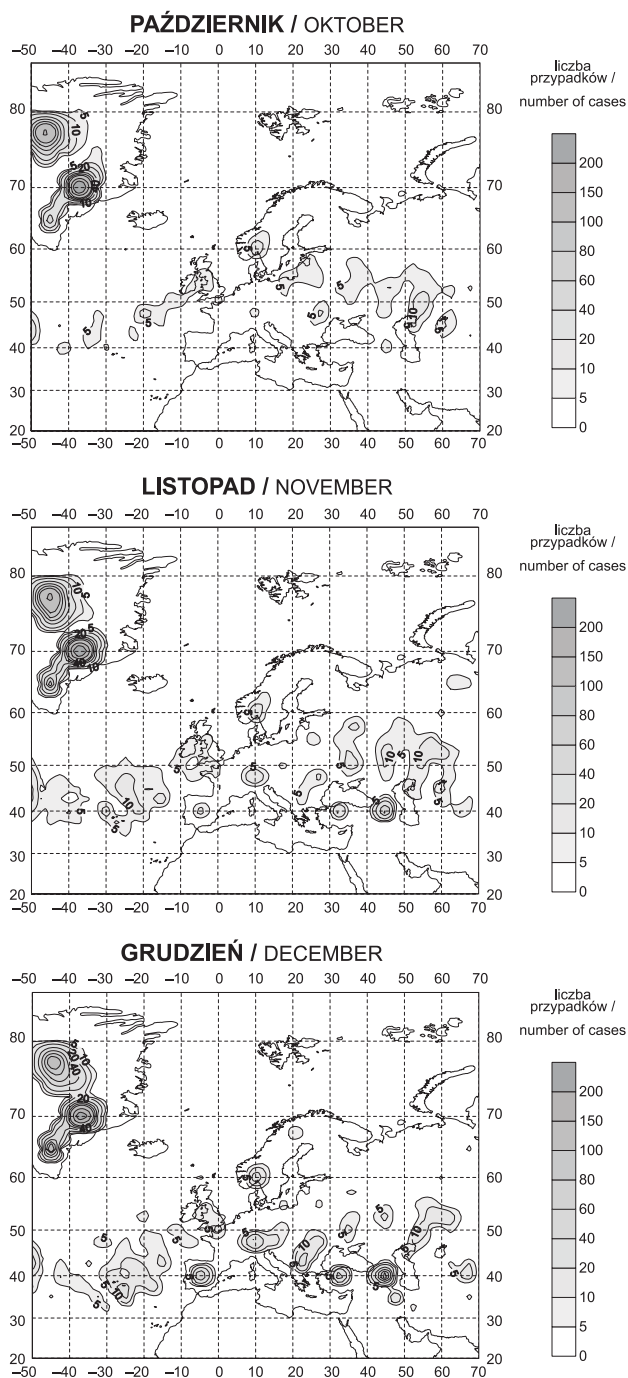
Ryc. 59.
Fig. 59.



Ryc. 59.
Fig. 59.

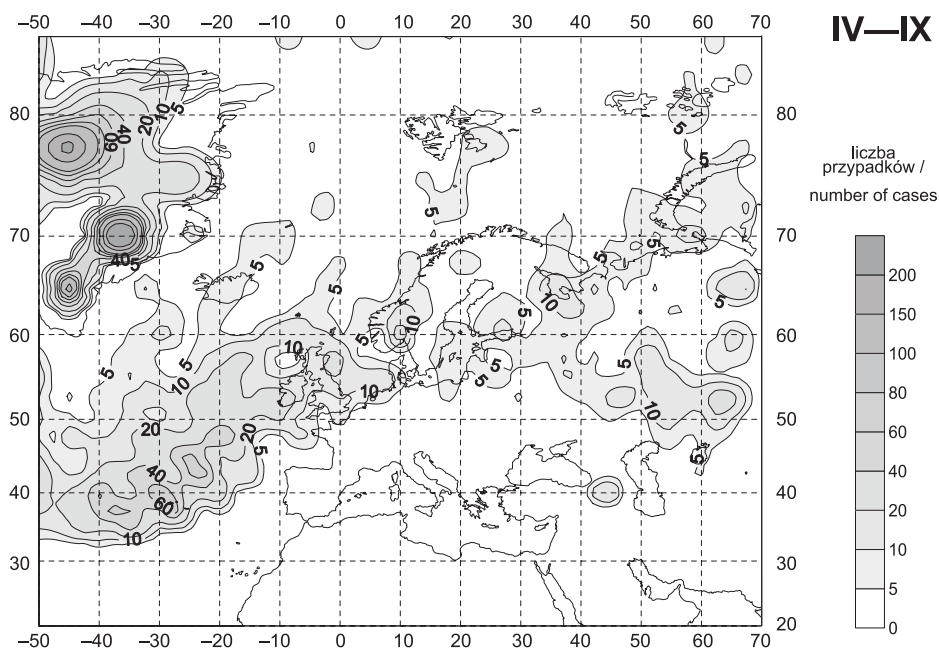
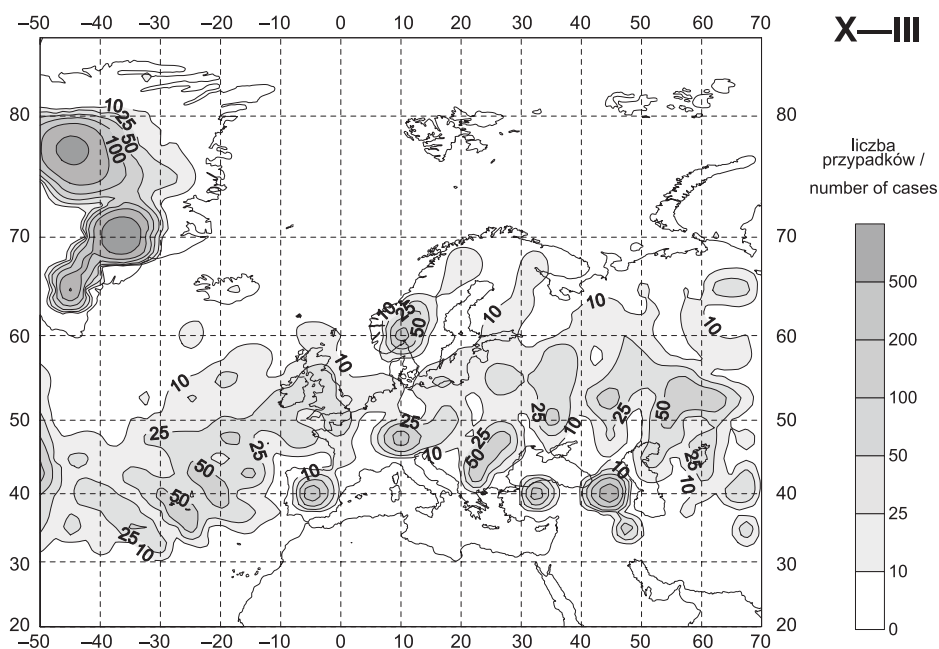


Ryc. 59.
Fig. 59.



Ryc. 59. Rozkład przestrzenny występowania centrów silnych układów antycyklonalnych w sektorze euroatlantyckim w kolejnych miesiącach wielolecia 1951—2010

Fig. 59. Spatial distribution of centres of strong anticyclonic systems in the Euro-Atlantic sector monthly during the period 1951—2010



Ryc. 60. Rozkład przestrzenny występowania centrów silnych układów antycyklonalnych w sektorze euroatlantyckim w półroczu chłodnym (X—III) i ciepłym (IV—IX) w latach 1951—2010

Fig. 60. Spatial distribution of centres of strong anticyclonic systems in the Euro-Atlantic sector in the cool (Oct.—Mar.) and warm (Apr.—Sep.) half of the year in the period 1951—2010

to szczególnie obszarów położonych na północ od 60°N, m.in. północnych wybrzeży Europy, rejonu Islandii czy Grenlandii. W obszarach tych zauważa się wzrost liczby pojawiających się wyżów, co związane jest ze wzrostem ciśnienia w obszarach arktycznych, przypadającym właśnie na tę porę roku. Należy także dodać, że w rzeczywistości obszary oceaniczne położone poza kołem podbiegunowym (a należące do badanego obszaru) o wiele częściej znajdują się pod wpływem wyżów arktycznych niż wynika to ze zgromadzonego materiału. Różnica ta jest efektem przyjętej metody, która uwzględnia jedynie centra układów, a te w przypadku wyżów arktycznych prawie zawsze znajdowały się poza obszarem badań.

Charakterystyczne zmiany widoczne są również w Regionie Grenlandzkim. O ile w sezonie chłodnym rozkład częstości występowania centrów badanych układów barycznych był podobny do rozkładu rocznego, o tyle wiosną widoczny staje się dodatkowy obszar zwiększonej częstości pojawiania się silnych wyżów. W kwietniu i maju zauważa się także rozciągnięcie się w kierunku północnym największego (leżącego na północy wyspy) rejonu większej liczby występujących tam wyżów. Taki obraz przestrzennego zróżnicowania występowania analizowanych układów związany jest z przemieszczaniem się wyżów na wschód i rozbudowywaniem się klinów wysokiego ciśnienia częściej sięgających aż po rejon Islandii. Cechy opisywanego rozkładu widoczne są jeszcze w czerwcu, a nawet w lipcu. Natomiast we wrześniu i październiku występowanie centrów silnych układów wysokiego ciśnienia ogranicza się praktycznie do dwóch obszarów i prawie nie występują one na południu Grenlandii.

8. Podsumowanie i wnioski

Niniejsza praca została poświęcona określeniu przestrzennego i czasowego zróżnicowania występowania silnych i bardzo silnych wyżów w sektorze euroatlantyckim ograniczonym do obszaru od 20°N do 85°N oraz od 50°W do 75°E. Podstawą przeprowadzonych badań był bogaty zbiór danych, obejmujących przede wszystkim średnie dobowe wartości ciśnienia na poziomie morza, określone dla 1 377 punktów gridowych w siatce o rozdzielczości przestrzennej $2,5^\circ \times 2,5^\circ$ i pochodzące z Reanaliz NCEP/NCAR. Uzupełnieniem tych danych były wartości wysokości powierzchni izobarycznej 500 hPa dla wspomnianych punktów oraz liczne rodzaje map synoptyczne z różnych poziomów barycznych. Materiał badawczy obejmował wielolecie 1951—2010. Tak liczne i różnorodne dane umożliwiły przeprowadzenie szczegółowej analizy występowania rozpatrywanych układów barycznych oraz określenie prawidłowości nimi rządzących. Ze względu na znaczną długość okresu badawczego stwierdzone cechy charakteryzujące występowanie wyjątkowo silnych układów wysokiego ciśnienia należy uznać za wiarygodne i zarazem za ważne rysy cyrkulacji atmosfery w sektorze euroatlantyckim, w istotny sposób kształtujące klimat badanego obszaru.

Analiza występowania silnych i bardzo silnych wyżów została poprzedzona scharakteryzowaniem zmian ciśnienia, jakie zachodziły w rozpatrywanym sektorze w badanym wieloleciu. Ponieważ zmiany te zaznaczają się bardziej w postaci zróżnicowania przestrzennego oraz zmian wartości ciśnienia w ciągu roku, przeprowadzono podział na **regiony o odmiennym reżimie rocznego przebiegu ciśnienia**. Wyróżniono pięć regionów, wśród których zaznacza się wyraźny podział na regiony położone na północ i południe od 50°N:

- **Regiony północne (I, II i III — obejmujące Grenlandię, północny Atlantyk oraz prawie całą Europę)** odznaczają się bardzo dużym zakresem zmian ciśnienia, będącym wynikiem intensywnej działalności cyklonów atlantyckich oraz oddziaływania silnych wyżów kontynentalnych.
- **W regionach południowych (IV i V — obejmujących głównie Europę Zachodnią i Południową, Morze Śródziemne i północną Afrykę)** stwierdzono o wiele

bardziej wyrównany przebieg roczny oraz niższe maksymalne wartości ciśnienia. Wyraźny stał się także podział tej strefy na część zachodnią i wschodnią. Pierwsza z nich wyróżnia się najwyższymi średnimi wartościami ciśnienia w całym sektorze euroatlantyckim, co jest wynikiem oddziaływania Wyżu Azorskiego. W części wschodniej natomiast zauważa się znaczącą działalność układów niskiego ciśnienia oraz charakterystyczny przebieg najniższych jego wartości (z maksimum w okresie zimowym), które prawie przez cały rok przekraczają 1000 hPa.

Znaczące przestrzenne i czasowe zróżnicowanie wartości ciśnienia nad obszarem Europy i Atlantyku było przyczyną poszukiwania najlepszego sposobu **wyznaczania układów antycyklonalnych, które należałoby uznać za silne lub bardzo silne**. Uzyskane wyniki wskazują, że zdefiniowanie takich kryteriów w dużym stopniu zależy od położenia geograficznego danego rejonu oraz pory roku. Z tego powodu zaproponowano dwa podejścia umożliwiające wyznaczenie badanych wyżów:

- W pierwszym z nich **za silne wyże uznano** te, których ciśnienie w centrum układu jest równe lub wyższe niż **95 percentyl** (P_{95}) jego wartości, natomiast **bardzo silne układy** wysokiego ciśnienia to wyże, w których ciśnienie jest równe lub wyższe niż wartość **99 percentyla** (P_{99}). Przyjęcie takiego kryterium jest zgodne z powszechnie wznawianymi założeniami dotyczącymi wyznaczania zjawisk ekstremalnych (w tym przypadku silnych układów wysokiego ciśnienia), mówiącymi, że za zdarzenia ekstremalne uznaje się te przypadki, w których wartości rozpatrywanego elementu charakteryzującego pogodę są równe lub mniejsze (większe) niż wartości 10 (90) percentyla wszystkich analizowanych zdarzeń.
- Drugi sposób pozwalał definicję silnych układów barycznych uniezależnić od wartości ciśnienia występujących w danym obszarze i jednocześnie umożliwiał porównywanie makroskalowych cech cyrkulacji atmosfery nad znacznymi obszarami. W opisywanym podejściu, podobnie jak w badaniach innych autorów, założono, że za **silne wyże** uznane zostaną te układy, w których ciśnienie jest wyższe lub równe **1030 hPa**, natomiast **bardzo silne układy baryczne** to te, w których ciśnienie jest wyższe lub równe **1035 hPa**.

Oba wymienione kryteria znalazły zastosowanie w przeprowadzeniu osobnych regionalizacji, których podstawą był roczny przebieg ciśnienia o wartościach spełniających dane kryterium, określony dla każdego punktu gridowego. W ich wyniku otrzymano dwa podobne do siebie podziały na regiony charakteryzujące się innym typem rocznego przebiegu najwyższych wartości ciśnienia.

Zauważone podobieństwa w zasięgu regionów wydzielonych według obu metod stały się podstawą ponownej regionalizacji, w której każdy punkt gridowy został scharakteryzowany dwiema cechami oznaczającymi przynależność do odpowiedniego regionu w podziale według kryterium 1030 hPa i 1035 hPa oraz kryterium 95 i 99 percentyla. Jej wynikiem jest **podział regionu euroatlantyckiego na cztery główne regiony antycyklonalne** i kilka podregionów.

Najbardziej charakterystyczne różnice między regionami dotyczyły zarówno wartości ciśnienia w silnych i bardzo silnych wyżach, jak i przebiegu rocznego oraz wieloletniej zmienności liczby dni z rozpatrywanymi układami barycznymi.

Najwyższymi wartościami ciśnienia w centrach rozpatrywanych wyżów odznaczały się regiony występowania najsilniejszych wyżów kontynentalnych (ponad 1060 hPa), najniższymi natomiast obszary aktywnej cyklogenezy: Region Islandzki (IIIA) i Południowy (IV), gdzie bardzo silne wyży należą do przypadków wyjątkowych. Natomiast wyróżniającą cechą Regionu Wyżu Azorskiego (IIAW) jest najwyższa średnia wartość ciśnienia (1018 hPa) w centrach badanych układów barycznych, która jest wynikiem występowania znacznej liczby układów o podobnych wartościach ciśnienia.

Wśród wszystkich regionów wyróżniają się obszary oceaniczne i Region Południowy (IV) (do którego należy prawie cały obszar położony poniżej 50°N). Dominuje w nich działalność cyklonalna, a silne wyży pojawiają się w nich średnio przez około 30–40 dni w roku. W pozostałych regionach (Grenlandzkim — I, Wyżu Azorskiego — IIAW, i Wyżu Azjatyckiego — IIAE) liczba dni z badanymi wyżami średnio była 3–4 razy większa niż w Regionie Islandzkim (IIIA) i Południowym (IV).

Rozpatrywane układy baryczne występowały głównie w chłodnej połowie roku (X—III), stanowiąc 60–93% wszystkich silnych wyżów występujących w danym regionie. Jeszcze większy jest udział bardzo silnych układów wysokiego ciśnienia, które w sezonie chłodnym stanowiły od około 73% (w Regionie Islandzkim — IIIA) do ponad 99% wszystkich przypadków (w Regionie Południowym — IV).

Roczne maksimum występowania silnych i bardzo silnych wyżów najczęściej przypada na miesiące zimowe. Wyjątek stanowią obszary arktyczne, w których jest ono przesunięte w kierunku miesięcy wiosennych. W ostatnich dekadach rozpatrywanego wielolecia w większości regionów zauważa się również zmiany występowania rocznego maksimum liczby dni z badanymi układami oraz zmiany początku lub końca okresu największej częstości silnych i bardzo silnych wyżów.

Wieloletnie zmiany liczby badanych układów barycznych były bardzo zróżnicowane. Niezależnie od regionu odznaczały się dość wyraźnymi, zwykle kilku-, kilkunastoletnimi fluktuacjami. Jednak w dużej części przypadków nie stwierdzono istotnych statystycznie tendencji zmian liczby silnych i bardzo silnych wyżów występujących w badanym wieloleciu (1951–2010).

Wyraźne zmiany występowania analizowanych wyżów zachodziły głównie w chłodnej połowie roku (X—III). Dotyczyły one przede wszystkim spadku liczby silnych i bardzo silnych antycyklonów w Regionie Grenlandzkim — I (o ponad 4 dni z silnymi lub bardzo silnymi wyżami na 10 lat), a także ich wzrostu w Regionach Wyżu Azorskiego (IIAW) i Azjatyckiego (IIAE) oraz w Regionie Południowym (IV). Wspomniany wzrost liczby rozpatrywanych wyżów nastąpił od lat 70. i był największy w Regionie Południowym (dochodząc nawet do ponad 6 dni na 10 lat).

Ze względu na rolę cyrkulacji atmosfery w kształtowaniu klimatu oraz na występowanie związków między poszczególnymi elementami cyrkulacji dla każdego re-

gionu **wydzielono typy rozkładu pola ciśnienia w dniach z silnymi i bardzo silnymi wyżami.**

Dla każdego regionu wyróżniono po cztery typy pola ciśnienia odznaczające się różną częstością występowania, osobno dla półroczu chłodnego (X—III) i ciepłego (IV—IX).

Głównymi cechami charakteryzującymi wydzielone typy pól ciśnienia były rozkład przestrzenny i intensywność najważniejszych wyżów sektora euroatlantyckiego, Wyżu Grenlandzkiego, Azorskiego i Azjatyckiego, a także Nizu Islandzkiego.

W przypadku Regionu Grenlandzkiego (I), Wyżu Azorskiego (IIAW) i Azjatyckiego (IIAE) część wyróżnionych typów pola ciśnienia jest do siebie bardzo podobna. Najbardziej wyróżniają się typy, z którymi związane jest występowanie silnych układów wysokiego ciśnienia w Regionie Islandzkim (III_A). Charakterystyczne są szczególnie te z nich, w których silny układ wysokiego ciśnienia występuje nad Półwyspem Skandynawskim. W Regionie Południowym (IV) natomiast najczęściej silne i bardzo silne wyży tworzą pas wysokiego ciśnienia łączącego Wyż Azorski z Wyżem Azjatyckim.

Porównując analizowane typy pól ciśnienia w dniach z silnymi i bardzo silnymi wyżami, stwierdzono, że niektóre z nich są tak do siebie podobne, że można je uznać za wspólne dla całego sektora euroatlantyckiego. Dotyczy to w szczególności typów występujących w chłodnej połowie roku. Ponadto niektóre typy pola ciśnienia są podobne do wydzielonych przez innych autorów ogólnych typów cyrkulacji występujących w sektorze euroatlantyckim. Oznacza to, że należy je zaliczyć do istotnych cech cyrkulacji atmosfery rozpatrywanego obszaru.

Wieloletnie zmiany występowania wyróżnionych typów pola ciśnienia zależały od rozpatrywanego regionu. W większości przypadków nie stwierdzono wyraźnych tendencji zmian częstości ich występowania. W typach, w których liczba dni z poszczególnymi typami zmieniała się w sposób istotny, zmiany te były podobne do zmian ogólnej liczby dni z silnymi i bardzo silnymi wyżami występującymi w danym regionie.

Ważną charakterystyką opisującą występowanie układów barycznych jest czas ich trwania. Wśród 8 406 silnych i bardzo silnych wyżów, jakie wystąpiły w sektorze euroatlantyckim, dominowały układy trwające 1—3 dni, a nieco ponad połowa przypadków to układy krótsze niż 7-dniowe. Stwierdzono również, że czas trwania analizowanych układów wzrastał wraz ze wzrostem intensywności wyżu i dla układów o ciśnieniu ≥ 1045 hPa średnio wynosił już 6 dni. Większą długością trwania charakteryzowały się wyży występujące w chłodnej połowie roku (X—III).

W całym badanym wieloleciu wystąpiło jedynie 16 silnych wyżów, które trwały dłużej niż miesiąc i wszystkie należały do bardzo silnych układów barycznych o ciśnieniu ≥ 1045 hPa. Najdłużej trwał wyż, jaki powstał nad Grenlandią na początku stycznia 1966 r. i trwał 51 dni (z maksimum ciśnienia 26 stycznia — 1067,4 hPa).

Do najdłuższych wyżów zaliczają się układy wysokiego ciśnienia powstające nad Grenlandią i w Regionie Wyżu Azjatyckiego (IIAE). W obszarach tych wyży trwające ponad 15 dni stanowiły odpowiednio około 50% oraz nieco mniej niż 40%

analizowanych układów wysokiego ciśnienia, jakie tam występowały. W pozostałych regionach było to zaledwie około 1—9%.

W przeciwieństwie do dynamicznie przemieszczających się układów cyklonalnych, wyże to układy charakteryzujące się o wiele wolniejszą zmianą położenia, ale znacznie większym zasięgiem przestrzennym. Z tego powodu, **badając występowanie silnych i bardzo silnych układów wysokiego ciśnienia, wskazano również obszary, w których najczęściej pojawiały się ich centra**, pośrednio wyznaczające **trasy przemieszczania się badanych układów**. Tak wyodrębnione rejony tworzą dwie wyróżniające się strefy:

- Pierwszą z nich tworzy pas rozciągający się od obszaru występowania Wyżu Azorskiego na Oceanie Atlantyckim, przez Europę, aż nad Nizinę Wschodnioeuropejską (oś Wojejkowa).
- Drugi obszar, w którym najczęściej występuje centrum silnych i bardzo silnych wyżów, to Grenlandia.

Analiza zmian zasięgu przestrzennego obu stref wykazała, że ich położenie jest silnie związane z rocznym cyklem zmian cyrkulacji atmosfery, a tym samym występowania badanych wyżów.

Jej wynikiem jest **zimowe przesunięcie pasa** większej liczby silnych wyżów, **rozciągającego się od Atlantyku po Ural w kierunku zwrotników**, i zwiększony zasięg strefy występowania tych układów nad Grenlandią, **w półroczu ciepłym natomiast wzrost zasięgu oddziaływania Wyżu Azorskiego i wyraźne jego przesunięcie na północ** w kierunku Wysp Brytyjskich. Jednocześnie we wschodniej części rozpatrywanego obszaru liczba silnych i bardzo silnych wyżów wyraźnie maleje, a w miesiącach letnich prawie zanika.

W chłodnej połowie roku zauważalna staje się również **zwiększona liczba** silnych i bardzo silnych **wyżów o charakterze lokalnym**. Obszarami występowania takich antycyklonów są: wewnątrz Półwyspu Iberyjskiego, rejon Alp, część Półwyspu Bałkańskiego, Wyżyna Anatolijska, rejon Kaukazu oraz Półwysep Skandynawski. Powstawaniu opisywanych wyżów sprzyja nie tylko charakter cyrkulacji występującej w tej porze roku, ale również znaczna wysokość nad poziomem morza i ukształtowanie terenu.

Zaprezentowane w niniejszym opracowaniu wyniki badań po raz pierwszy pozwoliły określić zmiany występowania silnych i bardzo silnych wyżów — jednego z najważniejszych elementów cyrkulacji atmosfery — w tak dużej skali przestrzennej i zachodzących w tak długim czasie. Otrzymane rezultaty wyraźnie wykazały, że w sektorze euroatlantyckim większe znaczenie dla kształtowania warunków pogodowych ma przebieg roczny niż wieloletnia zmienność występowania rozpatrywanych układów barycznych oraz duże regionalne zróżnicowanie częstości ich występowania.

Uzyskane rezultaty częściowo potwierdzają poznane i opisane już w literaturze zmiany cyrkulacji atmosfery. Jednakże wykazano, że wieloletni wzrost liczby silnych i bardzo silnych wyżów, o jakim często wspominają autorzy badań dotyczących cyrkulacji atmosfery, dotyczy tylko niektórych obszarów sektora euroatlantyckiego

i przeważnie chłodnej połowy roku. Ponadto zwiększona liczba rozpatrywanych wyżów najczęściej pozostaje na podobnym poziomie od lat 70. minionego wieku.

Przeprowadzone badania poruszyły wiele aspektów występowania silnych i bardzo silnych wyżów w sektorze euroatlantyckim. Wiele z nich wymaga dalszych i wnikliwych analiz, a liczne zagadnienia czekają na zbadanie. Można do nich zaliczyć m.in.: pytania o trasy przemieszczania się poszczególnych układów, o ich zmiany w wieloleciu czy też o trwałość i zasięg rozpatrywanych wyżów. Poznanie prawidłowości rządzących występowaniem silnych i bardzo silnych wyżów, tych już opisanych w niniejszej pracy oraz tych, które należy dopiero odkryć, pozwoli lepiej prognozować zmiany klimatu, szczególnie te związane z występowaniem ekstremalnych zdarzeń klimatycznych.

Literatura

- Adams R.M., Rosenzweig C., Peart R.M., Ritchie J.T., McCarl B.A., Glycer J.D., Curry R.B., Jones J., Boote K.J., Allen L.H., 1990: *Global climate change and US Agriculture*. Nature, 345, 219—224.
- Aleksiejew G.W., Podgornoj I.A., Swiaszczennikow P.N., Hroł W.P., 1991: *Osobiennosti formirowanija klimata i jego izmieničiwosti w polarnoj klimaticzeskoj sistemie atmosfera — morskoy led-okiean*. In: Krutskich B.A.: *Klimaticzeskij režym Arktiki na rubieże XX i XXI w.* St. Petersburg, Gidromietieoizdat, 4—29.
- Álvarez-García F.J., Lorente-Lorente P.M., OrtizBevia M.J., 2012: *Quasi-quadrennial variability in European precipitation*. International Journal of Climatology, 32, 1295—1309.
- Athar H., Almazroui M., Islam M.N., Abid M.A., Ehsan M.A., 2013: *Effect of mid-latitude blocking anticyclones on the weather of the Arabian Peninsula*. International Journal of Climatology, 33, 585—598.
- Atkinson D.E., Solomon S.M., 2003: *Comparison of NCEP/NCAR Reanalysis data with station data for the circum-polar coastal regime*. 7 AMS Conference on Polar Meteorology and Oceanography and Joint Symposium on High-Latitude Climate Variations.
- Austin J.F., 1980: *The blocking of middle latitude westerly winds by planetary waves*. Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society, 106, 327—350.
- Back C., Philipp A., 2010: *Evaluation and comparison of circulation type classifications for the European domain*. Physics and Chemistry of the Earth, 35, 374—387.
- Baldi M., Dalu G., Maracchi G., Pasqui M., Cesarone F., 2006a: *Heat waves in the Mediterranean: a local feature or a larger-scale effect?* International Journal of Climatology, 26, 1477—1487.
- Baldi M., Pasqui M., Cesarone F., De Chiara D., 2006b: *Heat waves in the Mediterranean Region analysis and model Results*. http://www.wcrp-climate.org/WGNE/BlueBook/2006/individual-articles/05_Baldi_Marina_BaldiHeatWaves2003_RegionalRAMS.pdf
- Barriopedro D., García-Herrera R., Lupo A., Hernández E., 2006: *A climatology of northern hemisphere blocking*. Journal of Climate, 19, 1042—1063.
- Barry R.G., Bradley R.S., Jacobs J.D., 1975: *Synoptic climatological studies of the Baffin Island Area*. In: Weller G., Bowling A. (eds.): *Climate of the Arctic*. Geophysical Institute, University of Alaska, 82—90.

- Barry R.G., Carleton A.M., 2001: *Synoptic and dynamic climatology*. London—New York, Routledge, 620.
- Bartholy J., Pongracz R., Pattantyus-Abraham M., 2006: *European cyclone track analysis based on ECMWF ERA-40 data sets*. International Journal of Climatology, 26, 1517—1527.
- Bąkowski R., Wojciechowska J., 2006: *Porównanie wyników pomiarów w swobodnej atmosferze i wartości wyznaczonych na podstawie baz danych NCEP/NCAR*. W: Annales Universitatis Mariae Curie-Skłodowska. Sec. B. Geographia, Geologia, Mineralogia et Petrographia, 61, 47—56.
- Bednorz E., 2009: *Wpływ sytuacji barycznych na występowanie pokrywy śnieżnej na obszarach środkowej Europy*. Poznań, Wydawnictwo Naukowe UAM, 129 s.
- Bednorz E., Bielec-Bąkowska Z., Bokwa A., Kicińska B., Kolendowicz L., Lewik P., Nowosad M., Ustrnul Z., Żelazny M., 2003: *Regionalizacje, typologie i wyznaczanie sezonów klimatycznych z zastosowaniem analizy skupień*. Przegląd Geofizyczny, 48, 1—2, 9—30.
- Beniston M., Stephenson D.B., Christensen O.B., Ferro C.A.T., Frei C., Goyette S., Halsnaes K., Holt T., Jylhä K., Koffi B., Palutikof J., Schöll R., Semmler T., Woth K., 2007: *Future extreme events in European climate: an exploration of regional climate model projections*. Climatic Change, 81, 71—95.
- Berz G., 2005: *Windstorm and storm surges in Europe: loss trends and possible counter-actions from the viewpoint of an international reinsurer*. Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences, 363, 1431—1440.
- Bhend J., 2005: *North Atlantic and European Cyclones: Their Variability and Change from 1881 to 2003*. Diplomarbeit der Philosophisch-naturwissenschaftlichen Fakultät der Universität Bern.
- Bielec-Bąkowska Z., 2010a: *A classification of deep cyclones over Poland (1971—2000)*. Physics and Chemistry of the Earth, 35, 491—497.
- Bielec-Bąkowska Z., 2010b: *Silne wyże nad Europą w XX wieku*. W: Kolendowicz L. (red.): *Klimat Polski na tle klimatu Europy. Warunki cyrkulacyjne i radiacyjne*. Seria Studia i Prace z Geografii i Geologii, Bogucki Wydawnictwo Naukowe, 14, 23—37.
- Bielec-Bąkowska Z., 2010c: *Strong high pressure systems influencing the weather in Poland during the period 1971—2000*. Badania Fizjograficzne, Seria A — Geografia Fizyczna, A (61), 93—107.
- Bielec-Bąkowska Z., Piotrowicz K., 2011: *Weather types accompanying very high pressure in Krakow in the period 1901—2000*. International Journal of Climatology, 31, 2183—2193.
- Bielec-Bąkowska Z., Piotrowicz K., 2012: *Typy pogody w Krakowie towarzyszące głębokim niżom i silnym wyżom w latach 1900/01—2009/10*. W: Bielec-Bąkowska Z., Łupikaszka E., Widawski A. (red.): *Rola cyrkulacji atmosfery w kształtowaniu klimatu*. Sosnowiec, Wydział Nauk o Ziemi Uniwersytetu Śląskiego, 321—331.
- Biuletyn synoptyczny PIHM, 1959—1979: Warszawa, Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej.
- Błażejczyk K., McGregor G., 2007: *Warunki biotermiczne a umiERALNOŚĆ w wybranych aglomeracjach europejskich*. Przegląd Geograficzny, 79, 3—4, 269—279.
- Bogucki J., Woś A., 1994: *Typy pogody a typy cyrkulacji atmosferycznej w rejonie Poznania*. Badania Fizjograficzne nad Polską Zachodnią, Seria A, 45, 25—42.
- Brezowsky H., Flohn H., Hess P., 1951: *Some remarks on the climatology of blocking action*. Tellus, 3, 191—194.
- Brohan P., Kennedy J.J., Harris I., Tett S.F.B., Jones P.D., 2006: *Uncertainty estimates in regional and global observed temperature changes: A new data set from 1850*. Journal of Geophysical Research, 111, D12106.

- Bromwich D.H., Fogt R.L., Hodges K.I., Walsh J.E., 2007: *A tropospheric assessment of the ERA-40, NCEP, and JRA-25 global reanalyses in the polar regions*. Journal of Geophysical Research, 112, D10111.
- Brown P.R., 2004: *Weather types associated with extreme temperatures in England. Part 1: Maximum temperatures*. Journal of Meteorology, 29 (294), 358—365.
- Buishand T.A., Brandsma T., 1997: *Comparison of circulation classification schemes for predicting temperature and precipitation in the Netherlands*. International Journal of Climatology, 17, 875—889.
- Burt S., 2007: *The Highest of the Highs... Extremes of barometric pressure in the British Isles. Part 2 — the most intense anticyclones*. Weather, 62, 2, 31—41.
- Burt S., 2008: *Intense anticyclone over north-west Russia, early January 2008*. Weather, 63, 6, 174—176.
- Cassano J., Lynch P., Lynch A., 2006: *Changes in synoptic weather patterns in the polar regions in the twentieth and twenty-first centuries. Part 1: Arctic*. International Journal of Climatology, 26, 1027—1049.
- Ceppa T.K., Colucci S.J., 1989: *Predictability of 500 mb cyclones and anticyclones as a function of their persistence*. Monthly Weather Review, 117, 887—900.
- Ceppi P., Scherrer S.C., Fischer A.M., Appenzeller C., 2012: *Revisiting Swiss temperature trends 1959—2008*. International Journal of Climatology, 32, 203—213.
- Cerne S.B., Possia N.E., 2004: *Evolution of South American high pressure systems during late summer 1997*. Meteorological Applications, 11, 329—341.
- Chang Ch.-P., Lu M.-M., 2012: *Intraseasonal Predictability of Siberian High and East Asian Winter Monsoon and Its Interdecadal Variability*. Journal of Climate, 25, 1773—1778.
- Chang F.-C., Wallace J.M., 1987: *Meteorological conditions during heat waves and droughts in the United States Great Plains*. Monthly Weather Review, 115, 1253—1269.
- Changnon S.A., 1979: *How a Severe Winter Impacts on Individuals*. Bulletin of the American Meteorological Society, 60, 110—114.
- Chen P., Hoerling M.P., Dole R., 2001: *The Origin of the Subtropical Anticyclones*. Journal of the Atmospheric Sciences, 58, 1827—1835.
- Cheung H.N., Zhou W., Mok H.Y., Wu M.C., 2012: *Relationship between Ural—Siberian Blocking and the East Asian Winter Monsoon in Relation to the Arctic Oscillation and the El Niño-Southern Oscillation*. Journal of Climate, 25, 4242—4257.
- Cheung H.N., Zhou W., Shao Y., Chen W., Mok H.Y., Wu M.C., 2013: *Observational climatology and characteristics of wintertime atmospheric blocking over Ural—Siberia*. Climate Dynamics, 41, 1, 63—79.
- Chromow S.P., 1969: *Meteorologia i klimatologia*. Warszawa, PWN, 488 s.
- Codzienny biuletyn meteorologiczny, 1980—2010: Warszawa, Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej.
- Colucci S.J., Bosart L.F., 1979: *Surface anticyclone behavior in NMC prediction models*. Monthly Weather Review, 107, 377—394.
- Cornford S.G., 2002: *Human and economic impacts of weather events in 2001*. Bulletin of the WMO, 51, 257—277.
- Croci-Maspoli M., Schierz C., Davies H., 2007: *Atmospheric blocking: space-time links to the NAO and PNA*. Climate Dynamics, 29, 713—725.
- Crowe P.R., 1987: *Problemy klimatologii ogólnej*. Warszawa, PWN, 599 s.
- Curry J., 1987: *The contribution of radiative cooling to the formation of cold-core anticyclones*. Journal of the Atmospheric Sciences, 44, 2575—2592.

- Davis R.E., Hayden B.P., Gay D.A., Phillips W.L., Jones G.V., 1997: *The North Atlantic sub-tropical anticyclone*. Journal of Climate, 10, 728—744.
- Degirmendžić J., 1998: *Wpływ Wyżu Azjatyckiego na temperaturę powietrza na powierzchni izobarycznej 850 hPa nad Europą* [Praca doktorska]. Łódź, Uniwersytet Łódzki, Archiwum Zakładu Meteorologii i Klimatologii.
- Degirmendžić J., Kozuchowski K., Wibig J., 2000: *Epoki cyrkulacyjne XX wieku i zmienność typów cyrkulacji atmosferycznej w Polsce*. Przegląd Geofizyczny, 45, 3—4, 221—238.
- Della-Marta P.M., Luterbacher J., von Weissenfluh H., Xoplaki E., Brunet M., Wanner H., 2007: *Summer heat waves over western Europe 1880—2003, their relationship to large-scale forcings and predictability*. Climate Dynamics, 29, 2—3, 251—275.
- Ding Y., Krishnamurti T.N., 1987: *Heat budget of the Siberian high and the winter monsoon*. Monthly Weather Review, 115, 2428—2449.
- Dmitriev A.A., 1994: *Iznerchivost Atmosferynykh Protsessy Arktiki i ee Ychet v Dolgosrochnykh Prognozakh*. St. Petersburg, Gidrometeoizdat, 207 s.
- Dole R.M., 1986: *The life cycles of persistent anomalies and blocking over North Pacific*. Advances in Geophysics, 29, 31—70.
- Dole R.M., Gordon N.D., 1983: *Persistent anomalies of the extra-tropical Northern Hemisphere wintertime circulation. Geographical distribution and regional persistence characteristics*. Monthly Weather Review, 111, 1567—1586.
- Domonkos P., Kyseley J., Piotrowicz K., Petrovic P., Likso T., 2003: *Variability of extreme temperature events in South-Central Europe during the 20th century and its relationship with large-scale circulation*. International Journal of Climatology, 23, 987—1010.
- Donohoe A., Battisti D.S., 2009: *The Amplitude Asymmetry between Synoptic Cyclones and Anticyclones: Implications for Filtering Methods in Feature Tracking*. Monthly Weather Review, 137, 11, 3874—3887.
- Dydina L.A., 1982: *Osobiennosti razitija sinopticeskich processov v Arktike i ichispolzovaniye v prognozakh na sriednije sroki*. Leningrad, Gidrometeoizdat, 224 s.
- Dzerdzeevskii B.L., 1970: *Cirkulacionnyye mekhanizmy w atmosfieri dla sieviernogo poluszarija v XX stoletii*. Materiały Meteorologiceskich Issledovanij. Moskva.
- Dzerdzeevskii B.L., 1975a: *Cirkulacionnyye schemy v troposferie centralnoj Arktyki*. Izbrannyje Trudy. Moskva, Izd. Nauka.
- Dzerdzeevskij B.L., 1975b: *Obscaja cirkulacija atmosfery i klimat*. Moskva, Izd. Nauka.
- Easterling D.R., Evans J.L., Groisman P.Y., Karl T.R., Kunkel K.E., Ambenje P., 2000: *Observed Variability and Trends in Extreme Climate Events: A Brief Review*. Bulletin of the American Meteorological Society, 81, 417—425.
- Egger J., 1978: *Dynamics of blocking highs*. Journal of the Atmospheric Sciences, 35, 1788—1801.
- Elliott R.D., Smith T.B., 1949: *A study of effects of large blocking highs on the general circulation in the Northern-hemisphere westerlies*. Journal of Meteorology, 6, 2, 67—85.
- Esteban P., Jones P.D., Martín-Vide J., Mases M., 2005: *Atmospheric circulation patterns related to heavy snowfall days in Andorra, Pyrenees*. International Journal of Climatology, 25, 319—329.
- Esteban P., Martín-Vide J., Mases M., 2006: *Daily atmospheric circulation catalogue for western Europe using multivariate techniques*. International Journal of Climatology, 26, 1501—1515.
- Europäischer Wetterbericht, 1976—2000: Deutscher Wetterdienst, Offenbach.
- Federico S., Bellecci C., 2006: *The 11—12 December 2003 storm in Southern Italy*. Advances in Geosciences, 7, 37—44.

- Feudale L., Shukla J., 2011a: *Influence of sea surface temperature on the European heat wave of 2003 summer. Part 1: an observational study.* Climate Dynamics, 36, 9—10, 1691—1703.
- Feudale L., Shukla J., 2011b: *Influence of sea surface temperature on the European heat wave of 2003 summer. Part 2: a modeling study.* Climate Dynamics, 36, 9—10, 1691—1703.
- Fil C., Dubus L., 2005: *Winter climate regimes over North Atlantic and European region in the ERA 40 reanalysis and DEMETER seasonal hindcasts.* Tellus, 57A, 290—307.
- Fink A.H., Brücher T., Krüger A., Leckebusch G.C., Pinto J.G., Ulbrich U., 2004: *The 2003 European summer heatwaves and drought — synoptic diagnosis and impacts.* Weather, 59, 8, 209—216.
- Frederiksen J.S., 1982: *A unified three-dimensional instability theory of the onset of blocking and cyclogenesis.* Journal of the Atmospheric Sciences, 39, 969—982.
- Fuhrer J., Beniston M., Fischlin A., Frei Ch., Goyette S., Jasper K., Pfister Ch., 2006: *Climate risk and their impact on agriculture and forests in Switzerland.* Climatic Change, 79, 79—102.
- Gámiz-Fortis S.R., Esteban-Parra M.J., Pozo-Vázquez D., Castro-Díez Y., 2011: *Variability of the monthly European temperature and its association with the Atlantic sea-surface temperature from interannual to multidecadal scales.* International Journal of Climatology, 31, 2115—2140.
- Gerstengarbe F.W., Werner P.C., 2005: *Katalog der Großwetterlagen Europas (1881—2004) nach Paul Hess und Helmuth Brezowsky.* Selbstverlag des Deutschen Wetterdienstes, Potsdam/Offenbach.
- Girs A.A., 1948: *K voprosu izuczenija osnovnyh form atmosfiernoj cirkulacii.* Meteorologiya i Gidrologiya, 10.
- Girs A.A., 1964: *O sozdanii iedinoi klassificacii makrosinopticheskikh processov severnogo polusahariya.* Meteorologiya i Gidrologiya, 4, 43—47.
- Girs A.A., 1971: *Mnogoletnije kolebanija atmosfiernoj cyrkulacii i dolgosrocznyje grido-meteorologiceskije prognozy.* Leningrad, Gidromietieoizdat, 279 s.
- Girs A.A., 1977: *Osobiennosti projawlenija cyrkulacjonnych epoch i ich stadija w miesiacach goda.* Trudy AANII, 339, 5—25.
- Godev N., 1971: *Anticyclonic activity over South Europe and its relationship to orography.* Journal of Applied Meteorology, 10, 1097—1102.
- Gong D.-Y., Ho C.-H., 2002: *The Siberian High and climate change over middle to high latitude Asia.* Theoretical and Applied Climatology, 72, 1—9.
- Grela J., Słota H., Zieliński J. (red.), 1999: *Dorzecze Wisły — Monografia powodzi, lipiec 1997.* IMGW, Atlasy i Monografie, 199 s.
- Grosfeld K., Lohmann G., Rimbu N., Fraedrich K., Lunkeit F., Wegener A., 2006: *Atmospheric multidecadal variations in the North Atlantic realm: proxy data, observations, and atmospheric circulation model studies.* Climate of the Past, 2, 633—656.
- Grumm R.H., Gyakum J.R., 1986: *Systematic surface anticyclone errors in NMC's limited-area fine mesh and spectral models during the winter of 1981/82.* Monthly Weather Review, 114, 2329—2343.
- Guentchev G.S., Winkler J.A., 2010: *A two-tier atmospheric circulation classification scheme for the European-North Atlantic region.* Physics and Chemistry of the Earth, 35, 341—351.

- Hanssen-Bauer I., Førland E.J., 2000: *Temperature and precipitation variations in Norway 1900—1994 and links to atmospheric circulation*. International Journal of Climatology, 20, 1693—1708.
- Hawes J.T., Colucci S.J., 1986: *An examination of 500 mb cyclones and anticyclones in National Meteorological Center prediction models*. Monthly Weather Review, 114, 2163—2175.
- Hess P., Brezowsky H., 1977: *Katalog der Großwetterlagen Europas (1881—1976)*. Berichte des Deutschen Wetterdienstes 113, Offenbach am Main, 70.
- Hodges K.I., Lee R.W., Bengtsson L., 2011: *A Comparison of Extratropical Cyclones in Recent Reanalyses ERA-Interim NASA MERRA, NCEP CFSR, and JRA-25*. Journal of Climate, 24, 4888—4906.
- Horel J.D., 1981: *A rotated principal component analysis of the interannual variability of the Northern Hemisphere 500 mb height field*. Monthly Weather Review, 109, 2080—2092.
- Hoskins B.J., 1996: *On the existence and strength of the summer subtropical anticyclones*. Bulletin of the American Meteorological Society, 77, 1287—1291.
- Huth R., Beck C., Philipp A., Demuzere M., Ustrnul Z., Cahynová M., Kyselý J. and Tveito O.E., 2008: *Classifications of Atmospheric Circulation Patterns*. Annals of the New York Academy of Sciences, 1146, 105—152.
- Huth R., Kyselý J., Pokorná L., 2000: *A GCM simulation of heat waves, dry spells, and their relationships to circulation*. Climatic Change, 46, 29—60.
- Illari L., Malguzzi P., Speranza A., 1981: *On breakdowns of the westerlies*. Geophysical and Astrophysical Fluid Dynamics, 17, 27—49.
- IPCC 2001, Houghton J.T., Ding Y., Griggs D.J., Noguer M., van der Linden P.J., Dai X., Maskell K., Johnson C.A.: *Climate Change 2001: The scientific basis*. Cambridge, Cambridge University Press, 339 s.
- IPCC 2007. In: *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Solomon S., Quin D., Manning M., Chen Z., Marquis M., Averyt K.B., Tignor M., Miller H.L. (eds.). Cambridge, Cambridge University Press, United Kingdom and New York, NY, USA, 996.
- Iqbal M.J., Hameed S., Khan F., 2013: *Influence of Azores High pressure on Middle Eastern rainfall*. Theoretical and Applied Climatology, 111, 211—221.
- James P.M., 2007: *An objective classification method for Hess and Brezowsky Grosswetterlagen over Europe*. Theoretical and Applied Climatology, 88, 17—42.
- Jones J.E., Cohen J., 2011: *A Diagnostic Comparison of Alaskan and Siberian Strong Anticyclones*. Journal of Climate, 24, 2599—2611.
- Jones P.D., 1987: *The early twentieth century Arctic High — fact or fiction?* Climate Dynamics, 1, 63—75.
- Jones P.D., Hulme M., Briffa K.R., 1993: *A comparison of Lamb circulation types with an objective classification scheme*. International Journal of Climatology, 13, 655—663.
- Jones P.D., Moberg A., 2003: *Hemispheric and Large-Scale Surface Air Temperature Variations: An Extensive Revision and an Update to 2001*. Journal of Climate, 16, 206—223.
- Jones P.D., Wigley T.M.L., 1988: *Antarctic gridded sea level pressure data: An analysis and reconstruction back to 1957*. Journal of Climate, 1, 1199—1220.
- Kalnay E., Kanamitsu M., Kistler R., Collins W., Deaven D., Gandin, L., Iredell M., Saha S., White G., Woollen J., Zhu Y., Chelliah M., Ebisuzaki W., Higgins W., Janowiak J., Mo K.C., Ropelewski C., Wang J., Leetmaa A., Reynolds R., Jenne R., Joseph D., 1996: *The NCEP/NCAR 40-Year Reanalysis Project*. Bulletin of the American Meteorological Society, 77, 437—471.

- Kaszewski B.M., 1992: *Typy cyrkulacji a typy pogody w Polsce*. Rozprawy Habilitacyjne Wydziału Biologii i Nauk o Ziemi UMCS. 42. Lublin.
- Katsoulis B.D., Makrogiannis T.J., Goutsidou Y.A., 1998: *Monthly Anticyclonicity in Southern Europe and the Mediterranean Region*. Theoretical and Applied Climatology, 59, 51—59.
- Katz R.W., Brown B.G., 1992: *Extreme Events in a Changing Climate: Variability is More Important than Average*. Climatic Change, 21, 289—302.
- Kejna M., 2007: *Współczesne zmiany klimatu w Arktyce*. W: Styszyńska A., Marsz A.A. (red.): *Zmiany klimatyczne w Arktyce i Antarktyce w ostatnim pięćdziesięcioleciu XX wieku i ich implikacje środowiskowe*. Gdynia, 7—42.
- Kistler R., Kalnay E., Collins W., Saha S., White G., Woollen J., Chelliah M., Ebisuzaki W., Kanamitsu M., Kousky V., van den Dool H., Jenne R., Fiorino M., 2001: *The NCEP-NCAR 50-Year Reanalysis: Monthly Means CD-ROM and Documentation*. Bulletin of the American Meteorological Society, 82, 247—268.
- Klein Tank A.M.G., 2007: *Algorithm Theoretical Basis Document (ATBD)*. European Climate Assessment & Dataset (ECA&D) project document. KNMI, 38 s.
- Kłysik K., 1995: *Rola silnych wyżów i głębokich niżów w kształtowaniu warunków termicznych okresu zimowego w Europie Środkowej*. W: Krawczyk B., Błażejczyk K. (red.): *Współczesne badania klimatologów polskich w kraju i za granicą*. Warszawa, IGiPZ PAN, 19—27.
- Kłysik K., Sazonov B.I., 1996: *The influence of deep cyclones and strong anticyclones on the winter thermal conditions in Europe, 1900—1990*. W: Zeszyty Naukowe UJ. Prace Geograficzne 102, 221—226.
- Knox J.L., Hay J.E., 1985: *Blocking signatures in the northern hemisphere: Frequency distribution and interpretation*. Journal of Climatology, 5, 1—16.
- Kostopoulou E., Jones P.D., 2007: *Comprehensive analysis of the climate variability in the eastern Mediterranean*. Part 1: *map-pattern classification*. International Journal of Climatology, 27, 9, 1189—1214.
- Kozłowska-Szczęsna T., Krawczyk B., Kuchcik M., 2004: *Wpływ środowiska atmosferycznego na zdrowie i samopoczucie człowieka*. Monografie 4. Warszawa, PAN IGiPZ, 194 s.
- Koźmiński C., Michalska B., 2010: *Zmienność liczby dni gorących i upalnych oraz odczucia ciepłe w strefie polskiego wybrzeża Bałtyku*. Acta Agrophysica, 15, 2, 347—357.
- Kożuchowski K., 1989: *Makrotypy ogólnej cyrkulacji atmosfery a temperatura powietrza w Polsce*. Przegląd Geofizyczny, 34, 4, 427—435.
- Kożuchowski K., 1995: *Głębokie cyklony, antycyklony i cyrkulacja strefowa nad Europą*. Przegląd Geofizyczny, 40, 231—246.
- Kunkel K.E., Changnon S.A., Reinke B.C., Arvitt R.W., 1996: *The July 1995 heat wave in the Midwest: a climatic perspective and critical weather factors*. Bulletin of the American Meteorological Society, 77, 1507—1518.
- Kysely J., 2002: *Temporal fluctuations in heat waves at Prague-Klementinum, the Czech Republic, from 1901—1997, and their relationships to atmospheric circulation*. International Journal of Climatology, 22, 33—50.
- Kysely J., Domonkos P., 2006: *Recent increase in persistence of atmospheric circulation over Europe: comparison with long-term variations since 1881*. International Journal of Climatology, 26, 461—483.
- Kysely J., Kalvová J., Květoň V., 2000: *Heat waves in the South Moravian region during the period 1961—1995*. Studia Geophysica et Geodaetica, 44, 57—72.

- Labajo J.L., Martín Q., Labajo A.L., Piorno A., Ortega M., Morales C., 2008: *Recent trend in the frequencies of extreme values of daily maximum atmospheric pressure at ground level in central zone of the Iberian Peninsula*. International Journal of Climatology, 28, 1227—1238.
- Lamb H.H., 1950: *Types and spells of weather around the year in the British Isles*. Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society. [London], 76, 393—438.
- Lamb H.H., 1972: *British Isles weather types and a register of the daily sequence of circulation patterns, 1861—1971*. Geophysical Memoir, 116. London, HMSO, s. 85.
- Leckebusch G.C., Ulbrich U., 2004: *On the relationship between cyclones and extreme wind-storm events over Europe under climate change*. Global and Planetary Change, 44, 181—193.
- Leckebusch G.C., Weimer A., Pinto J.G., Reyers M., Speth P., 2008: *Extreme wind storms over Europe in present and future climate: a cluster analysis approach*. Meteorologische Zeitschrift, 17, 67—82.
- Leighton R.M., 1994: *Monthly anticyclonicity and cyclonicity in the southern hemisphere; Averages for january, april, july, and october*. International Journal of Climatology, 14, 33—45.
- Lejenäs H., 1984: *Characteristics of southern hemisphere blocking as determined from a time series of observational data*. Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society, 110, 967—979.
- Lejenäs H., Økland H., 1983: *Characteristics of northern hemisphere blocking as determined from a long time series of observational data*. Tellus, 35A, 350—362.
- Lenters J.D., Cook K.H., 1997: *On the origin of the Bolivian high and related circulation features of the South American climate*. Journal of the Atmospheric Sciences, 54, 656—677.
- Li W., Li L., Fu R., Deng Y., Wang H., 2011: *Changes to the North Atlantic Subtropical High and Its Role in the Intensification of Summer Rainfall Variability in the South-eastern United States*. Journal of Climate, 24, 1499—1506.
- Lityński J., 1969: *Liczbowa klasyfikacja typów cyrkulacji i typów pogody dla Polski*. Prace PIHM 97, 3—5.
- Liu Q., 1994: *On the definition and persistence of blocking*. Tellus, 46A, 286—298.
- Llasat-Botija M., Llasat M.C., Lopez L., 2007: *Natural hazards and the press in the western Mediterranean region*. Advances in Geosciences, 12, 81—85.
- Lund I.A., 1963: *Map-pattern classification by statistical methods*. Journal of Applied Meteorology, 2, 56—65.
- Lupo A.R., Smith P.J., 1994: *Climatological features of blocking anticyclone in the Northern Hemisphere*. Tellus, 47A, 439—456.
- Łupikasza E., 2010: *Relationships between occurrence of high precipitation and atmospheric circulation in Poland using different classifications of circulation types*. Physics and Chemistry of the Earth, 35, 448—455.
- Maheras P., 1984: *Weather-type classification by factor analysis in the Thessaloniki area*. International Journal of Climatology, 4, 4, 437—443.
- Maheras P., Flocas H., Patrikas I., Anagnostopoulou Ch., 2001: *A 40 year objective climatology of surface cyclones in the Mediterranean region: spatial and temporal distribution*. International Journal of Climatology, 21, 109—130.
- Makra L., Mika J., Bartzokas A., Béczi R., Boros E., Sümeghy Z., 2006: *An objective classification system of air masses types for Szeged, Hungary, with special interest in air pollution levels*. Meteorology and Atmosphere Physics, 92, 115—137.

- Makrogiannis T.J., Giles B.D., 1980: *Frequencies, individual and mean tracks of moving anticyclones over southeast Europe*. Journal of Meteorology, 5, 240—248.
- Malkin W., Holzworth G.C., 1953: *The anticyclone and record low temperatures in central and southeastern United States, April 19—22, 1953*. Monthly Weather Review, 81, 4, 121—129.
- Mapy synoptyczne, 1952—1981: Warszawa, Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej.
- Marek T., 1989: *Analiza skupień w badaniach empirycznych — Badania SAHN*. Warszawa, PWN, 166 s.
- Marosz M., 2009: *Seasonal Variability in the Response of the Airflow Characteristics to the Changes in the Macro-scale Westerly Flow Intensity*. International Journal of Climatology, 29, 481—500.
- Marosz M., 2010: *Stability of the zonal air-flow in the Euro-Atlantic sector (1971—2006)*. Acta Agrophysica, PAN, 184, 158—167.
- Marosz M., Ustrnul Z., 2010: *Zmienność warunków cyrkulacyjnych nad Polską na tle obszaru atlantycko-europejskiego (1951—2008). Rezultaty projektu KLIMAT*. W: Bednorz E., Kolendowicz L., (red.): *Klimat Polski na tle klimatu Europy. Zmiany i ich konsekwencje*. Poznań, Bogucki Wydawnictwo Naukowe, 23—38.
- Marques R.F.C., Rao V.B., 1999: *A diagnosis of a long-lasting blocking event over the South-east Pacific Ocean*. Monthly Weather Review, 127, 1761—1776.
- Marques R.F.C., Rao V.B., 2000: *Interannual variations of blockings in the Southern Hemisphere and their energetics*. Journal of Geophysical Research, 105, 4625—4636.
- Marshall G.J., 2002: *Trends in Antarctic Geopotential Height and Temperature: A Comparison between Radiosonde and NCEP—NCAR Reanalysis Data*. Journal of Climate, 15, 659—674.
- Marsz A.A., 1999: *Oscylacja Północnoatlantycka a reżim termiczny zim na obszarze północno-zachodniej Polski i polskim wybrzeżu Bałtyku*. Przegląd Geograficzny, 71, 3, 225—245.
- Martyn D., 1987: *Klimaty kuli ziemskiej*. Warszawa, PWN, 667 s.
- Maslanik J.A., Serreze M.C., Barry R.G., 1996: *Recent decreases in Arctic summer ice cover and linkages to atmospheric circulation anomalies*. Geophysical Research Letters, 23, 1677—1680.
- Meehl G.A., Tebaldi C., 2004: *More Intense, More Frequent, and Longer Lasting Heat Waves in the 21st Century*. Science, 305, 56—86, 994—997.
- Michailidou C., Maheras P., Arseni-Papadimitriou A., Kolyva-Machera F., Anagnostopoulou C., 2009a: *A study of weather types at Athens and Thessaloniki and their relationship to circulation types for the cold-wet period. Part 1: Two-step cluster analysis*. Theoretical and Applied Climatology, 97, 1—2, 163—177.
- Michailidou C., Maheras P., Arseni-Papadimitriou A., Kolyva-Machera F., Anagnostopoulou C., 2009b: *A study of weather types at Athens and Thessaloniki and their relationship to circulation types for the cold-wet period. Part 2: Discriminant analysis*. International Journal of Climatology, 29, 1—2, 179—194.
- Miętus M., 2003: *Long-term sea level variability along the Polish coast of the Baltic Sea*. In: Haman K., Jakubiak B., Zabczyk J. (eds.): *Probabilistic Problems in Atmospheric and Water Sciences*. Wydawnictwo ICM, Seria Fizyka Atmosfery, 170—181.
- Miętus M., 2009: *O przydatności rezultatów globalnych reanaliz NCEP i ERA-40 do opisu warunków termicznych w Polsce*. IMGW, 91 s.
- Miętus M., Filipiak J., 2004: *The temporal and spatial patterns of thermal conditions in the area of the southwestern coast of the Gulf of Gdańsk (Poland) from 1951 to 1998*. International Journal of Climatology, 24, 4, 499—509.

- Mitas C.M., Clement A., 2006: *Recent behavior of the Hadley cell and tropical thermodynamics in climate models and reanalysis*. Geophysical Research Letters, 33, L01810.
- Miyasaka T., Nakamura H., 2005: *Structure and Formation Mechanisms of the Northern Hemisphere Summertime Subtropical Highs*. Journal of Climate, 18, 5046—5065.
- Miyasaka T., Nakamura H., 2010: *Structure and Formation Mechanisms of the Southern Hemisphere Summertime Subtropical Highs*. Journal of Climate, 23, 2115—2130.
- Namias J., 1964: *Seasonal persistence and recurrence of European blocking during 1958—1960*. Tellus, 16, 3, 354—407.
- Niedźwiedź T., 1981: *Sytuacje synoptyczne i ich wpływ na zróżnicowanie przestrzenne wybranych elementów klimatu w dorzeczu górnej Wisły*. Rozprawy Habilitacyjne UJ. 58. Kraków, 165 s.
- Niedźwiedź T., 1993: *Changes of the atmospheric circulation (using P, S, C, M indices) in the winter season and their influence on the air temperature in Cracow*. W: Zeszyty Naukowe UJ. Prace Geograficzne, 95, 107—113.
- Niedźwiedź T., 1996: *Long-Term Variability of the Zonal Circulation Index above the Central Europe*. W: Zeszyty Naukowe UJ. Prace Geograficzne, 102, 213—219.
- Niedźwiedź T., 1997: *The climate of the „polar regions”*. In: Yoshino M. i in. (eds.): *Climates and Societies-A Climatological Perspective*. Dordrecht, Kluwer Academic Publishers, 309—318.
- Niedźwiedź T., 2001: *Zmienność cyrkulacji atmosfery nad Spitsbergenem w drugiej połowie XX wieku*. Problemy Klimatologii Polarnej, 11, 7—26.
- Niedźwiedź T., 2003b: *Współczesna zmienność cyrkulacji atmosfery, temperatury powietrza i opadów atmosferycznych na Spitsbergenie*. Problemy Klimatologii Polarnej, 13, 79—92.
- Niedźwiedź T., 2006: *Typologia cyrkulacji atmosfery dla Polski i metody określania regionalnych wskaźników cyrkulacji*. W: Annales Universitatis Mariae Curie-Skłodowska. Sec. B. Geographia. Geologia, Mineralogia et Petrographia, 61, 326—335.
- Niedźwiedź T., 2012: *Kalendarz typów cyrkulacji atmosfery dla Polski południowej — zbiór komputerowy*. Sosnowiec, Uniwersytet Śląski, Katedra Klimatologii.
- Niedźwiedź T. (red.), 2003a: *Słownik meteorologiczny*. Warszawa, IMGW.
- Nigam S., Chan S.C., 2008: *On the Summertime Strengthening of the Northern Hemisphere Pacific Sea Level Pressure Anticyclone*. Journal of Climate, 22, 1174—1192.
- Økland H., Lejenäs H., 1987: *Blocking and persistence*. Tellus, 39A, 33—38.
- Osuchowska-Klein B., 1991: *Katalog typów cyrkulacji atmosferycznej (1976—1990)*. Warszawa, Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej, 50 s.
- Panagiotopoulos F., Shahgedanova M., Hannachi H., Stephenson D.B., 2005: *Observed Trends and Teleconnections of the Siberian High: A Recently Declining Center of Action*. Journal of Climate, 18, 1412—1422.
- Pauley P.M., 1998: *An example of uncertainty in sea level pressure reduction*. Weather Forecasting, 13, 833—850.
- Pezza A.B., Ambrizzi T., 2003: *Variability of Southern Hemisphere Cyclone and Anticyclone Behavior: Further Analysis*. Journal of Climate, 16, 1075—1083.
- Pezza A.B., Simmonds I., Renwick J.A., 2007: *Southern Hemisphere cyclones and anticyclones: Recent trends and links with decadal variability in the Pacific Ocean*. International Journal of Climatology, 27, 1403—1419.
- Pezza A.B., van Rensch P., Cai W., 2012: *Severe heat waves in Southern Australia: synoptic climatology and large scale connections*. Climate Dynamics, 38, 1—2, 209—224.

- Philipp A., 2009: *Comparison of principal component and cluster analysis for classifying circulation pattern sequences for the European domain*. Theoretical and Applied Climatology, 96, 31—41.
- Philipp A., Bartholy J., Beck Ch., Erpicum M., Esteban P., Fettweis X., Huth R., James P., Jourdain S., Kreienkamp F., Krennert T., Lykoudis S., Michalides S.C., Pianko-Kluczynska K., Post P., Álvarez D.R., Schiemann R., Spekat A., Tymvios F.S., 2010: *Cost733cat — A database of weather and circulation type classifications*. Physics and Chemistry of the Earth Parts, 35, 360—373.
- Pilarski M., Walczakiewicz S., Marosz M., 2010: *Ocena przydatności reanalizy NCEP/NCAR w badaniach zmienności warunków pluwialnych w Polsce*. W: Ciupa T., Suligowski R. (red.): *Woda w badaniach geograficznych*. Kielce, Uniwersytet Jana Kochanowskiego, Instytut Geografii, 375—385.
- Piotrowicz K., 2006: *Kryteria wyznaczania ekstremalnych zim*. W: Annales Universitatis Mariae Curie-Skłodowska. Sec. B. Geographia, Geologia, Mineralogia et Petrographia, 61, 362—369.
- Piotrowicz K., 2010: *Sezonowa i wieloletnia zmienność typów pogody w Krakowie*. Kraków, Instytut Geografii i Gospodarki Przestrzennej UJ, 311 s.
- Piotrowicz K., Szlagor J., 2013: *The link between from day to day change of weather types and synoptic situations in Kraków during the period 1961—2010*. Quaestiones Geographicae, 32, 2, 75—91.
- Plaut G., Simonnet E., 2001: *Large-Scale circulation, weather regimes, and local climate over France, the Alps and Western Europe*. Climate Research, 17, 303—324.
- Przybylak R., 1996: *Zmienność temperatury powietrza i opadów atmosferycznych w okresie obserwacji instrumentalnych w Arktyce*. Toruń, Wydawnictwo Uniwersytetu M. Kopernika, 280 s.
- Przybylak R., 2000: *Temporal and spatial variation of surface air temperature over the period of instrumental observations in the Arctic*. International Journal of Climatology, 20, 587—614.
- Przybylak R., 2007: *Współczesne zmiany klimatu w Arktyce*. W: Styszyńska A., Marsz A.A. (red.): *Zmiany klimatyczne w Arktyce i Antarktyce w ostatnim pięćdziesięcioleciu XX wieku i ich implikacje środowiskowe*. Gdynia, Wydawnictwo Uczelniane Akademii Morskiej, 93—110.
- Rebetez M., Dupont O., Giroud M., 2009: *An analysis of the July 2006 heatwave extent in Europe compared to the record year of 2003*. Theoretical and Applied Climatology, 95, 1—2, 1—7.
- Rex D.F., 1950a: *Blocking action in the middle troposphere and its effect upon regional climate: part 1*. Tellus 2, 196—211.
- Rex D.F., 1950b: *Blocking action in the middle troposphere and its effect upon regional climate: part 2*. Tellus 2, 275—301.
- Richter I., Mechoso C.R., 2008: *What Determines the Position and Intensity of the South Atlantic Anticyclone in Austral Winter? — An AGCM Study*. Journal of Climate, 21, 214—229.
- Rodwell M.J., Hoskins B.J., 2001: *Subtropical Anticyclones and Summer Monsoons*. Journal of Climate, 14, 3192—3211.
- Rogers J.C., Rohli R.V., 1991: *Florida citrus freezes and polar anticyclones in the Great Plains*. Journal of Climate, 4, 1103—1113.
- Romem M., Ziv B., Saaroni H., 2007: *Scenarios in the development of Mediterranean cyclones*. Advances in Geosciences, 12, 59—65.

- Romero R., Ramis C., Guijarro J.A., Sumner G., 1999: *Daily rainfall affinity areas in Mediterranean Spain*. International Journal of Climatology, 19, 557—578.
- Saha S., Nadiga S., Thiaw C., Wang J., Wang W., Zhang Q., Van den Dool H.M., Pan H.-L., Moorthi S., Behringer D., Stokes D., Peña M., Lord S., White G., Ebisuzaki W., Peng P., Xie P., 2006: *The NCEP Climate Forecast System*. Journal of Climate, 19, 3483—3517.
- Sahsamanoglou H.S., 1990: *A contribution to the study of action centres in the North Atlantic*. International Journal of Climatology, 10, 247—261.
- Sahsamanoglou H.S., Makrogiannis T.J., Kallimopoulos P.P., 1991: *Some aspects of the basic characteristics of the Siberian anticyclone*. International Journal of Climatology, 11, 827—839.
- Sato N., Takahashi M., 2007: *Dynamical Processes Related to the Appearance of the Okhotsk High during Early Midsummer*. Journal of Climate, 20, 4982—4994.
- Scherrer S., Croci-Maspoli M., Schwierz C., Appenzeller C., 2006: *Two-dimensional indices of atmospheric blocking and their statistical relationship with winter climate patterns in the Euro-Atlantic region*. International Journal of Climatology, 26, 233—249.
- Schmidlin T.W., 1993: *Impacts of severe winter weather during December 1989 in the Lake Erie snowbelt*. Journal of Climate, 6, 759—767.
- Schönwiese Ch.D., Rapp J., 1997: *Climate Trend Atlas of Europe based on observations 1891—1990*. Dordrecht—Boston—London, Kluwer Academic Publishers, s. 228.
- Seager R., Murtugudde R., Naik N., Clement A., Gordon N., Miller J., 2003: *Air-Sea Interaction and the Seasonal Cycle of the Subtropical Anticyclones*. Journal of Climate, 16, 1948—1966.
- Şen Z., Koçak K., 1999: *Markov Models and Polygon Diagrams for Climatological Interpretations of Cyclones and Anticyclones over the Northern Hemisphere*. Theoretical and Applied Climatology, 63, 233—242.
- Serreze M.C., Barrett A., 2011: *Characteristics of the Beaufort Sea High*. Journal of Climate, 24, 159—182.
- Serreze M.C., Box J.E., Barry R.G., Walsh J.E., 1993: *Characteristics of Arctic synoptic activity, 1952—1989*. Meteorology and Atmospheric Physics, 51, 147—164.
- Serreze M.C., Carse F., Barry R.G., Rogers, J.C., 1997: *Icelandic Low Cyclone Activity: Climatological Features, Linkages with the NAO, and Relationships with Recent Changes in the Northern Hemisphere Circulation*. Journal of Climate, 10, 453—464.
- Serreze M.C., Walsh J.E., Chapin F.S., Osterkamp T., Dyurgerov M., Romanovsky V., Oechel W.C., Morison J., Zhang T., Barry R.G., 2000: *Observational evidence of recent change in the northern high-latitude environment*. Climatic Change, 46, 1—2, 159—207.
- Shabbar A., Huang J., Higuchi K., 2001: *The relationship between the wintertime North Atlantic Oscillation and blocking episodes in the North Atlantic*. International Journal of Climatology, 21, 355—369.
- Sheridan S.C., 2003: *North American weather-type frequency and teleconnection indices*. International Journal of Climatology, 23, 1, 27—45.
- Shevchenko O., Lee H., Snizhko S., Mayer H., 2013: *Long-term analysis of heat waves in Ukraine*. International Journal of Climatology — doi: 10.1002/joc.3792
- Shukla J., Mo K.C., 1983: *Seasonal and geographical variation of blocking*. Monthly Weather Review, 111, 388—402.
- Simpson I.R., Jones, P.D., 2012: *Updated precipitation series for the UK derived from Met Office gridded data*. International Journal of Climatology, 32: 2271—2282.

- Sinclair M.R., 1996: *A Climatology of Anticyclones and Blocking for the Southern Hemisphere*. Monthly Weather Review, 124, 245—264.
- Sorbian Z., 2004: *Pogoda dla koneserów*. Warszawa, Wydawnictwo Meteor, 243 s.
- Stefanicki G., Talkner P., Weber R.O., 1998: *Frequency changes of weather types in the Alpine region since 1945*. Theoretical and Applied Climatology, 60, 1—4, 47—61.
- Stein O., 2000: *The variability of Atlantic—European blocking as derived from long SLP time series*. Tellus, 55A, 225—236.
- Szinell Cs., Bussay A., Szentimrey T., 1998: *Drought tendencies in Hungary*. International Journal of Climatology, 18, 1479—1491.
- Treidl R.A., Birch E.C., Sajecki P., 1981: *Blocking action in the northern hemisphere: a climatological study*. Atmosphere-Ocean, 19, 1—23.
- Trenberth K.E., Mo K.C., 1985: *Blocking in the Southern Hemisphere*. Monthly Weather Review, 113, 3—21.
- Trenberth K.E., Olson J.G., 1988: *An evaluation and intercomparison of global analyses from the National Meteorological Center and the European Center for Medium Range Weather Forecast*. Bulletin American Meteorological Society, 69, 9, 1047—1057.
- Trenberth K.E., Paolino D., 1980: *The Northern Hemisphere sea-level pressure data set: trends, Errors and discontinuities*. Monthly Weather Review, 108, 855—872.
- Trenberth K.E., Stepaniak D.P., Hurrell J.W., Fiorino M., 2001: *Quality of Reanalyses in the Tropics*. Journal of Climate, 14, 1499—1510.
- Trepińska J., 2007: *Galicyska sieć meteorologiczna, jej rozwój i znaczenie*. W: Miętus M., Filipiak J., Wyszowski A. (red.): *200 lat regularnych pomiarów i obserwacji meteorologicznych w Gdańsku*. Monografie IMGW. Warszawa, 37—46.
- Trepińska J. (red.), 1997: *Wahania klimatu w Krakowie*. Kraków, Instytut Geografii Uniwersytetu Jagiellońskiego, 205 s.
- Trepińska J., Piotrowicz K., Bąkowski R., Bolechała F., 2006: *Pogoda a samobójstwa*. Balneologia Polska, 48 (1), 51—55.
- Trigo I.F., 2006: *Climatology and interannual variability of storm tracks in the Euro-Atlantic sector: a comparison between ERA-40 and NCEP/NCAR reanalyses*. Climate Dynamics, 26, 127—143.
- Trigo R., DaCamara C.C., 2000: *Circulation weather types and their influence on the precipitation regime in Portugal*. International Journal of Climatology, 20, 1559—1581.
- Tsou C., Smith P.J., 1990: *The role of synoptic/planetary-scale interactions during the development of blocking anticyclone*. Tellus, 42A, 174—193.
- Tubi A., Dayan U., 2013: *The Siberian High: teleconnections, extremes and association with the Icelandic Low*. International Journal of Climatology, 33: 1357—1366.
- Turner J., Colwell S.R., Marshall G.J., Lachlan-Cope T.A., Carleton A.M., Jones P.D., Lagun V., Reid P.A., Iagovkina S., 2005: *Antarctic climate change during the last 50 years*. International Journal of Climatology, 25: 279—294.
- Twardosz R., 2009: *Fale niezwykłych upałów w Europie na początku XXI wieku*. Przegląd Geofizyczny, 53, 3—4, 193—204.
- Tyrlis E., Hoskins B., 2008a: *Aspects of a Northern hemisphere atmospheric blocking climatology*. Journal of the Atmospheric Sciences, 65, 1638—1652.
- Tyrlis E., Hoskins B., 2008b: *The morphology of Northern hemisphere blocking*. Journal of the Atmospheric Sciences, 65, 1653—1665.
- Ustrnul Z., 1997: *Zmienność cyrkulacji atmosfery na półkuli północnej w XX wieku*. Materiały Badawcze, Seria Meteorologia 27. IMGW, 208 s.

- Van Loon H., Rogers J.C., 1978: *The seesaw in winter temperatures between Greenland and Northern Europe*. Part 1: General description. *Monthly Weather Review*, 106, 296—310.
- Van Loon H., Williams J., 1976: *The Connection Between Trends of Mean Temperature and Circulation at the Surface*. Part 1. Winter. *Monthly Weather Review*, 104, 365—380.
- Vitels L.A., 1946: *Cyklony siewiernych moriej i potieplenije Arktiki*. *Met. Gidrol.*, 5, 3II—40.
- Vitels L.A., 1965: *Charakteristiki bariko-cirkulacionnogo režima*. Leningrad, Gidrometeozdat.
- Vizi Z., Przybylak R., 2006: *Reanaliza NCEP/NCAR i możliwości jej wykorzystania do badań rozkładu przestrzennego temperatury powietrza w Arktyce i Subarktyce Amerykańskiej*. W: *Annales Universitatis Mariae Curie-Skłodowska. Sec. B. Geographia, Geologia, Mineralogia et Petrographia*, 61, 436—445.
- Walsh J.E., Chapman W.L., Shy T.L., 1996: *Recent Decrease of Sea Level Pressure in the Central Arctic*. *Journal of Climate*, 9, 480—486.
- Wangenheim G.J., 1938: *K voprosu tipizacji i schemetyzacji sinoptycznych processov*. *Meteorologiya i Gidrologiya*, 3, 3.
- Wangenheim G.J., 1952: *Osnovy makrocirkulacionnogo metoda dolgosrocznych meteorologičeskich prognozov dlja Arktiki*. *Trudy AANII*, 34, 314 s.
- Watson J., Colucci S., 2002: *Evaluation of ensemble predictions of blocking in the NCEP global spectral model*. *Monthly Weather Review*, 130, 879—900.
- Wetterkarte, 1993—2000: Deutscher Wetterdienst, Offenbach.
- Wexler H., 1937: *Formation of polar anticyclones*. *Monthly Weather Review*, 65, 229—236.
- White M.A., Diffenbaugh N.S., Jones G.V., Pal J.S., Giorgi F., 2006: *Extreme heat reduces and shifts United States premium wine production in the 21st century*. *PNAS*, 103, 30, 11 217—11 222.
- WHO, 2003: *Health effects of extreme weather events*. WHO's early findings to be presented at the World Climate Change Conference — http://www.euro.who.int/mediacentre/PR/2003/20030929_1
- Wibig J., 1994: *Wyjątkowo suchy i ciepły okres od maja do sierpnia 1992 roku na tle warunków cyrkulacyjnych*. W: *Rozprawy i Studia*. 152. Szczecin, Uniwersytet Szczeciński, 133—141.
- Wibig J., 2001: *Wpływ cyrkulacji atmosferycznej na rozkład przestrzenny anomalii temperatury i opadów w Europie*. Łódź, Wydawnictwo Uniwersytetu Łódzkiego, 208 s.
- Wiedenmann J.M., Lupo A.R., 2002: *The Climatology of Blocking Anticyclones for the Northern and Southern Hemispheres: Block Intensity as a Diagnostic*. *Journal of Climate*, 15, 3459—3473.
- Wigley T.M.L., 1985: *Impact of extreme events*. *Nature*, 316, 106—107.
- Woś A., 1999: *Klimat Polski*. Warszawa, PWN.
- Wu B., Wang J., 2002a: *Winter Arctic Oscillation, Siberian high and East Asian winter monsoon*. *Geophysical Research Letters*, 29, 19, 1897.
- Wu B., Wang J., 2002b: *Possible impacts of winter Arctic Oscillation on Siberian high, the East Asian winter monsoon and sea-ice extent*. *Advances in Atmospheric Sciences*, 19, 2, 297—320.
- Yarnal B., 1984: *A procedure for the classification of synoptic weather maps from gridded atmospheric pressure surface data*. *Computers and Geosciences*, 10, 4, 397—410.
- Yarnal B., Comrie A.C., Frakes B., Brown D.P., 2001: *Developments and prospects in synoptic climatology*. *International Journal of Climatology*, 21, 1923—1950.
- Zarrin A., Ghaemi H., Azadic M., Farajzadeh M., 2010: *The spatial pattern of summertime subtropical anticyclones over Asia and Africa: A climatological review*. *International Journal of Climatology*, 30, 159—173.

- Zishka K.M., Smith P.J., 1980: *The climatology of cyclones and anticyclones over North America and surrounding ocean environs for January and July, 1950—1977*. Monthly Weather Review, 108, 387—401.
- Zolina O., Kapala A., Simmer C., Gulev S.K., 2004: *Analysis of extreme precipitation over Europe from different reanalyses: a comparative assessment*. Global and Planetary Change, 44, 129—161.
- Zwieriew A.S., 1965: *Meteorologia synoptyczna*. Warszawa, Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, 576 s.

Strong anticyclones over Europe (1951–2010)

S u m m a r y

The aim of this study was to determine the temporal and spatial variability of strong and very strong highs in an area of the Euro-Atlantic sector limited by the coordinates 20°N—85°N and 50°W—75°E. The research was based on a rich set of data including, at its core, the average daily air pressure values at sea level at 1377 grid points of a $2.5^\circ \times 2.5^\circ$ grid derived from NCEP/NCAR reanalyses. That data set was supplemented by the values of the 500 hPa isobaric level's height at the grid points mentioned above. Additionally, a wide range of synoptic maps for different pressure surfaces was used. The study covers the period 1951–2010.

The significant spatial and temporal variability of the air pressure over Europe and the Atlantic required the finding of a suitable method to **identify strong or very strong anticyclonic systems**. The results obtained during this study suggest that defining criteria are highly dependent on both the geographical location and the season of the year. Finally, it was assumed that a pressure system would qualify as a **strong high** if its pressure was equal or higher than **1030 hPa** and as a **very strong high** if the pressure was at least **1035 hPa**.

The annual course of the number of days meeting a given criterion became the basis for the division of the Euro-Atlantic region into **four main anticyclonic regions of the Euro-Atlantic sector** and a number of subregions. The most characteristic differences between regions involved pressure values in strong and very strong highs, their annual patterns and long-term variability of the number of days with strong and very strong highs.

The highest pressure values were found in regions featuring the strongest continental highs (more than 1060 hPa) and the lowest values in areas of the most active cyclonicity, i.e. the Iceland region (IIIA) and the Southern region (IV). The Azores High region (IIAw) stands out with the highest average pressure (1018 hPa) at the centre.

Areas of oceans and the Southern Region (IV), which covers nearly the entire area below 50°N, stand out from the rest of the sector. They are dominated by cyclonic activity and strong highs only occur for 30–40 days per year.

Strong and very strong anticyclones were mainly recorded during the cool half of the year (Oct.—Mar.). The annual maximum of the occurrence of strong and very strong highs is in winter with the exception of the Arctic where it is shifted to springtime. During the final decades of the study period, there has been a change in the timing of the annual maximum of the number of days with these systems, as well as a change in the timing of the onset and end of the season of the greatest frequency of strong and very strong highs.

Where long-term variability of strong highs were clear-cut they occurred primarily in the cool half of the year (Oct.—Mar.). They mainly included a decrease in the annual number of strong and very strong highs in the Greenland region (I) by more than four days per 10 years and an increase in that number in the Azores High (IIAW), Asian (IIAE) and Southern (IV) region. The increase began in the 1970s and was the greatest in the Southern region (up to 6 days per 10 years).

Air pressure spatial pattern types on days with strong and very strong highs were identified for each region in order to account for the role of atmospheric circulation as a climate control and for relationships existing between individual elements of circulation.

Each of the types involved two main distinctive features, namely the spatial distribution and the strength of the most important Euro-Atlantic highs, i.e. Greenland, Azores and Asian, as well as the Iceland low.

A comparison of the types of pressure pattern on days with strong and very strong highs reveals that some of them are so similar to each other that they might be regarded as common to the entire Euro-Atlantic sector. This is particularly true of the types occurring during the cool half of the year. Also some of the pressure pattern types are similar to general circulation types identified in this sector by other authors. This would mean that they should be counted among significant features of this area's atmospheric circulation.

Duration is an important characteristic describing the occurrence of pressure systems. Among the 8406 strong or very strong highs that occurred in the Euro-Atlantic sector during the study period, the dominant duration was 1—3 days and slightly more than 50% of all of them were shorter than 7 days. It was also found that the duration of these systems increased with their strength to the point that for systems with a pressure ≥ 1045 hPa it averaged at 6 days. High pressure systems in the cool half of the year (Oct.—Mar.) lasted longer than the high pressure systems in the warm half of the year. The most persistent highs develop over Greenland and in the Asian High region (IIAE).

In contrast to the rapid movement of cyclones, high pressure systems travel at a much slower pace but cover a far greater area. For this reason, **when investigating the occurrence of strong and very strong high pressure systems**, the author also identified **areas of the most frequent occurrence of their centres**, thus indirectly identifying the **paths of these systems**. The areas so-far identified formed two distinct zones:

- A belt stretching from the Azores High area on the Atlantic Ocean across Europe to the East European Lowland (Voyeykov's axis) and
- Greenland.

During the cool half of the year, the number of strong and very strong **highs of a local nature clearly increases**. These anticyclones occur over the Iberian interior, the Alps, a part of the Balkan Peninsula, the Anatolian Upland, the Caucasus and the Scandinavian Peninsula.

An analysis of the geographical extent of these two zones revealed that their location was related strongly to the annual cycle of change in atmospheric circulation and, consequently, of the highs in question.

For the first time, the results of the research project presented in this paper allowed the researchers to identify changes in the occurrence of strong and very strong highs, one of the most important elements of atmospheric circulation, over such a large spatial scale and time. The results clearly showed that in the Euro-Atlantic sector weather conditions were influenced more by the annual pattern than the long-term variability of these two pressure systems and by the great deal of regional variation discovered in their frequency of occurrence.

Kräftige Hochs über Europa (1951—2010)

Zusammenfassung

Die vorliegende Ausarbeitung beschäftigt sich mit der Bestimmung räumlicher und zeitlicher Differenzierung vom Auftreten kräftiger und sehr kräftiger Hochs im euro-atlantischen Bereich, beschränkt auf das Gebiet 20°N—85°N sowie 50°W—75°E. Die Grundlage für die durchgeführten Forschungen war eine umfangreiche Datensammlung von v.a. täglichen Druckmittelwerten auf dem Meeresspiegel, die für 1377 Gridpunkte im Netz mit einer räumlichen Auflösung von $2,5^\circ \times 2,5^\circ$ bestimmt und den Reanalysen NCEP/NCAR entnommen sind. Als Ergänzung dazu dienten die Werte für isobare Fläche 500 hPa für die o.a. Punkte sowie zahlreiche synoptische Karten für unterschiedliche Luftdruckpegel. Das Forschungsmaterial umfasste die Langzeitperiode 1951—2010.

Beträchtliche räumliche und zeitliche Differenzierung von Druckwerten über dem europäischen und atlantischen Gebiet war der Grund für die Suche nach einem optimalen Verfahren für die **Bestimmung von Antizyklonen, die als kräftig bzw. sehr kräftig zu bezeichnen sind**. Erzielte Ergebnisse weisen darauf hin, dass die Festlegung solcher Kriterien von der geografischen Lage des jeweiligen Gebiets sowie von jeweiliger Jahreszeit stark abhängig ist. Es wurde letztendlich angenommen, dass als kräftige Hochs solche Druckgebiete bezeichnet werden können, in denen der Druck höher bzw. gleich **1030 hPa** ist, und als sehr kräftige Hochs solche, bei denen der Druck höher bzw. gleich **1035 hPa** ist.

Ein Jahresverlauf von Tagen, die solche Kriterien erfüllen, gilt als Grundlage für die **Aufteilung der euro-atlantischen Region in vier Haupt-Antizyklonen-Regionen** und einige Subregionen. Die am meisten charakteristischen Unterschiede zwischen den Regionen betrafen sowohl den Druckwert in kräftigen bzw. sehr kräftigen Hochs als auch den Jahresverlauf und die mehrjährige Variabilität von Anzahl der Tage, an denen die geforschten Druckgebiete aufgetreten sind.

Die höchsten Druckwerte waren in Regionen zu verzeichnen, in denen die kräftigsten Kontinentalhochs aufgetreten sind (von über 1060 hPa), die niedrigsten Werte dagegen in Regionen mit Zyklonogenese, also isländische Region (IIIA) und Südregion (IV). Die auszeichnende Eigenschaft der Region Azorenhoch (IIAw) ist der höchste Druck-Mittelwert (1018 hPa) in Zentren von geforschten Druckgebieten.

Unter allen Regionen sind Ozeanregionen und die Südregion (IV) (zu dem beinahe das gesamte Gebiet unterhalb von 50°N gehört) besonders bemerkenswert. Sie werden durch Zyklonenaktivität geprägt, und starke Hochs treten dort durchschnittlich über ca. 30—40 Tage pro Jahr auf.

Die untersuchten Druckgebiete traten v.a. in der kälten Jahreshälfte (X—III) auf, und das Jahresmaximum für das Auftreten von kräftigen bzw. sehr kräftigen Hochs fällt am häufigsten auf Wintermonate. Eine Ausnahme davon sind arktische Gebiete, in denen es an Frühlingsmonate verschoben ist. In den letzten Dekaden der geforschten Langzeitperiode sind in meisten Regionen eine Änderung betreffend das Auftreten von maximaler Jahresanzahl von Tagen mit geforschten Gebieten sowie Änderungen betreffend den Beginn bzw. das Ende der Periode mit größter Auftrittshäufigkeit von kräftigen bzw. sehr kräftigen Hochs zu verzeichnen.

Deutliche langjährige Änderungen betreffend das Auftreten von geforschten Hochs sind hauptsächlich in der kalten Jahreshälfte (X—III) zu sehen. Sie bestanden v.a. im Rückgang der Zahl von kräftigen bzw. sehr kräftigen Antizyklonen in der grönländischen Region — I (um über 4 Tage mit kräftigen bzw. sehr kräftigen Hochs über einen Zeitraum von 10 Jahren) sowie im Anstieg von solchen in der Region Azorenhoch (IIAW) und Asiatisches Hoch (IIAE) sowie in der Südregion (IV). Der genannte Anstieg von geforschten Hochs begann seit den 70ern und war am größten in der Südregion (indem es sogar über 6 Tage innerhalb von 10 Jahren erreichte).

In Anbetracht der Rolle der Luftzirkulation bei der Klimagegestaltung sowie der Zusammenhänge zwischen einzelnen Zirkulationsbestandteilen **wurde für jede Region der Typ der Druckfeldverteilung an Tagen mit kräftigen bzw. sehr kräftigen Antizyklonen festgelegt.**

Die Hauptmerkmale von festgelegten Druckfeldtypen war die räumliche Verteilung und Intensität von wichtigsten Hochs im euro-atlantischen Bereich: grönländisches Hoch, Azorenhoch und asiatisches Hoch sowie isländisches Tief.

Bei der Analyse von Druckfeldtypen an Tagen mit kräftigen bzw. sehr kräftigen Hochs wurde festgestellt, dass manche davon sich dermaßen gleichen, dass man sie als einen gemeinsamen Typ für den gesamten euro-atlantischen Bereich betrachten kann. Es betrifft v.a. die Typen, die in der kalten Jahreshälfte auftreten. Ferner gleichen manche Druckfeldtypen den durch andere Autoren festgelegten allgemeinen Zirkulationstypen im euro-atlantischen Bereich. Dies bedeutet, dass sie zu den wesentlichen Merkmalen der atmosphärischen Luftzirkulation für das geforschte Gebiet gezählt werden können.

Ein wichtiges Merkmal zur Beschreibung des Auftretens von Druckgebieten ist ihre Dauer. Unter 8406 kräftigen bzw. sehr kräftigen Hochs, die im euro-atlantischen Bereich aufgetreten sind, überwogen Druckgebiete von 1 bis 3 Tagen, und etwas über die Hälfte von Fällen waren Druckgebiete von wenigen als 7 Tagen. Es wurde auch festgestellt, dass die Dauer von geforschten Druckgebieten sich mit dem Anstieg der Hochsintensität verlängerte und betrug für Druckgebiete mit einem Druck von ≥ 1045 hPa durchschnittlich bereits 6 Tage. Eine längere Dauer zeichnete Hochs aus, die in der kalten Jahreshälfte (X—III) auftreten, sowie Antizyklonen, die über Grönland sowie in der Region des asiatischen Hochs (IIAE) entstehen.

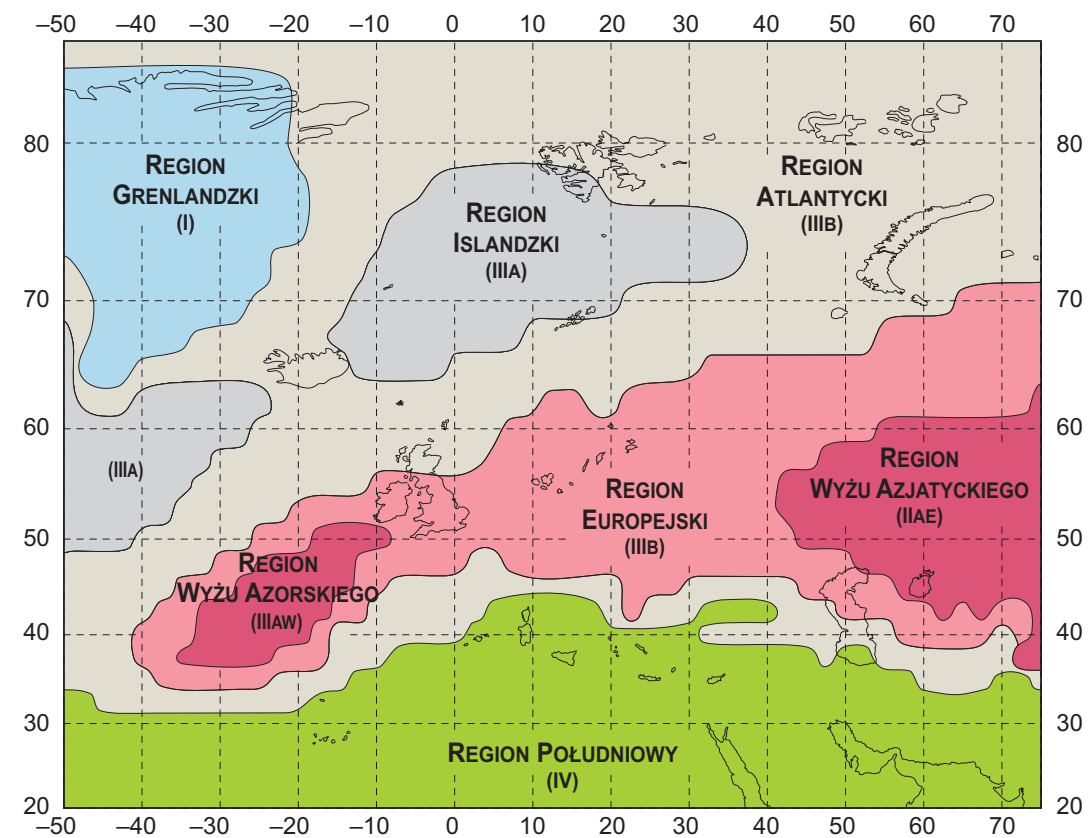
Im Gegensatz zu den sich dynamisch verlagernden Antizyklonen sind Hochs Druckgebiete, die sich durch wesentlich langsamere Positionsänderung, dagegen aber durch eine beträchtlich größere räumliche Reichweite auszeichnen. **Aus diesem Grund wurde bei der Forschung von kräftigen bzw. sehr kräftigen Antizyklonen auch auf solche Gebiete verwiesen, in denen ihre Zentren auftraten.** Dadurch wurden mittelbar auch die Verlagerungswege für geforschte Druckgebiete bestimmt. Die auf solche Weise festgelegten Regionen bilden zwei charakteristische Zonen:

- Die 1. Zone wird durch ein Gebiet zwischen dem Auftrittsgebiet vom Azorenhoch über dem Atlantischen Ozean, über Europa bis zum Osteuropäische Tief (Voyeykov-Achse) gebildet.
- Die 2. Zone ist Grönland.

In der kalten Jahreshälfte ist eine **größere Anzahl** von kräftigen bzw. sehr kräftigen Hochs **von einem lokalen Charakter** zu sehen. Die Auftrittsgebiete für solche Antizyklogen sind: Binnenland vom iberischen Halbinsel, Alpenregion, ein Teil vom Balkanhalbinsel, anatolische Hochebene, Kaukasusregion sowie skandinavisches Halbinsel.

Eine Analyse der räumlichen Reichweite beider Zonen ergab, dass ihre Lage stark mit dem Jahreszyklus der Änderungen der atmosphärischen Zirkulation und somit des Auftretens von geforschten Hochs verbunden ist.

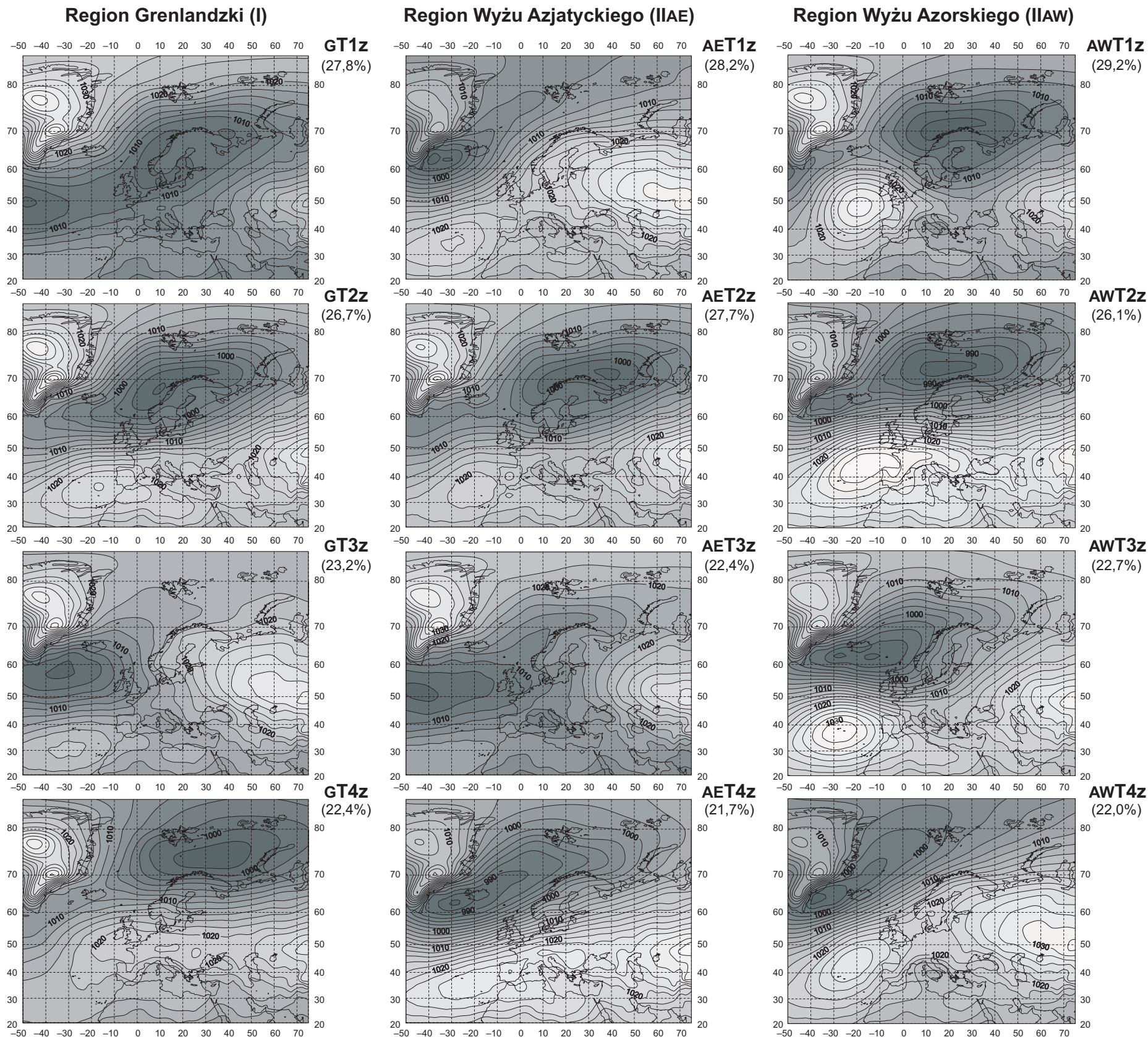
Die in der vorliegenden Ausarbeitung dargestellten Forschungsergebnisse ließen zum ersten Mal die Änderungen am Auftreten von kräftigen bzw. sehr kräftigen Hochs, also eines der wichtigsten Bestandteile der atmosphärischen Zirkulation, in solch einem großen räumlichen Maß und über solch einen langen Zeitraum erfassen. Die erzielten Ergebnisse wiesen deutlich darauf hin, dass im euro-atlantischen Bereich der Jahresverlauf für die Gestaltung von Witterungsverhältnissen von größerer Bedeutung als eine sich über mehrere Jahre anhaltende Variabilität des Auftretens von geforschten Druckgebieten sowie eine große regionale Differenzierung der Häufigkeit deren Auftretens ist.



Załącznik 1. Regiony antycyklonalne w sektorze euroatlantyckim (1951—2010)
Annex 1. Anticyclonic regions in the Euro-Atlantic sector (1951—2010)

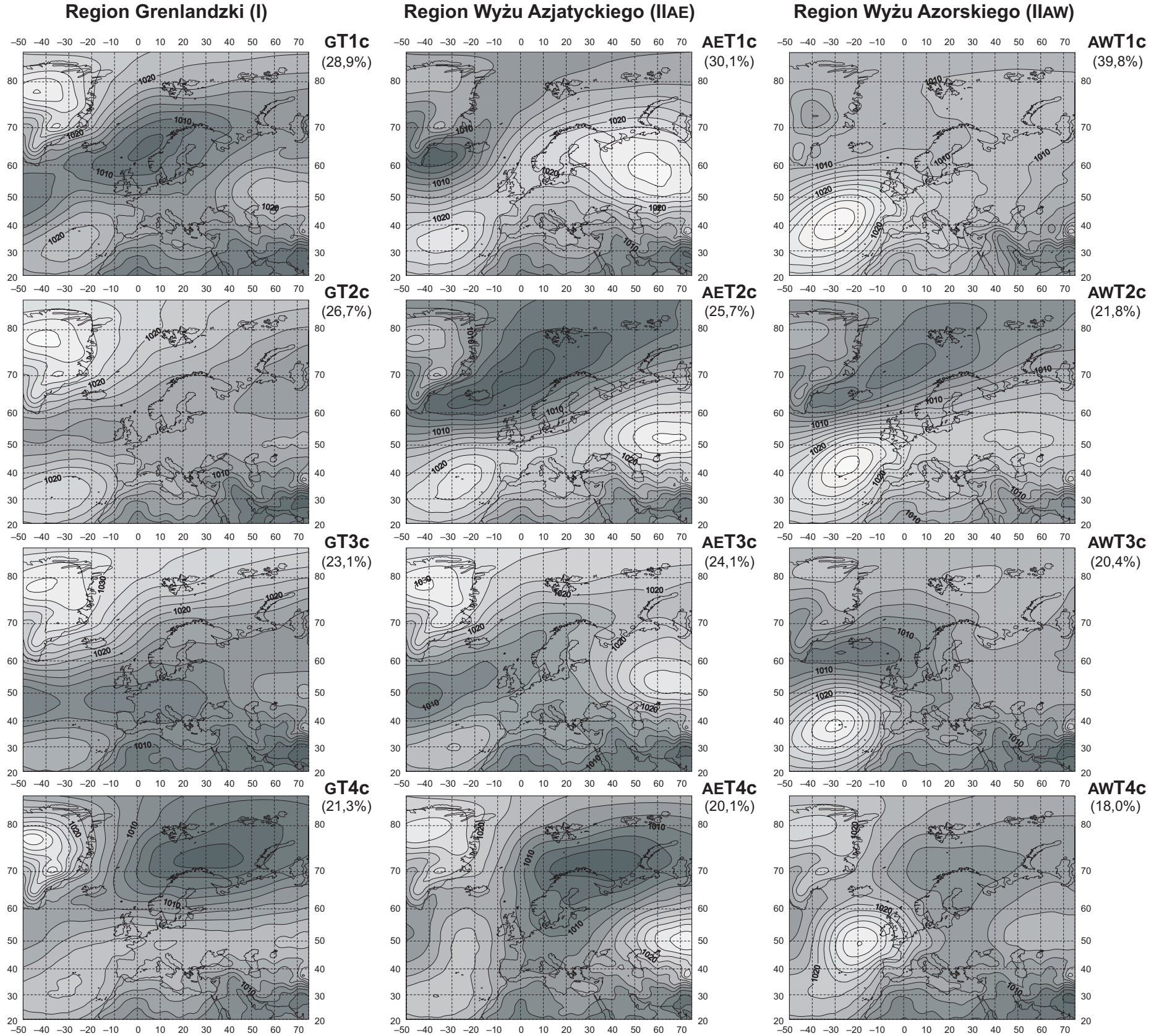
Załącznik 2. Typy rozkładu ciśnienia na poziomie morza [hPa] w dniach z silnymi lub bardzo silnymi wyciami w Regionie Grenlandzkim (I), Regionie Wyżu Azjatyckiego (IIAE) i Wyżu Azorskiego (IIAW) w chłodnej połowie roku (X—III) w latach 1951—2010

Annex 2. Types of sea level pressure distribution [hPa] on days with strong or very strong highs in the Greenland region (I), Asian region (IIAE) and the Azores region (IIAW) during the cool half of the year (Oct.—Mar.) in the period 1951—2010

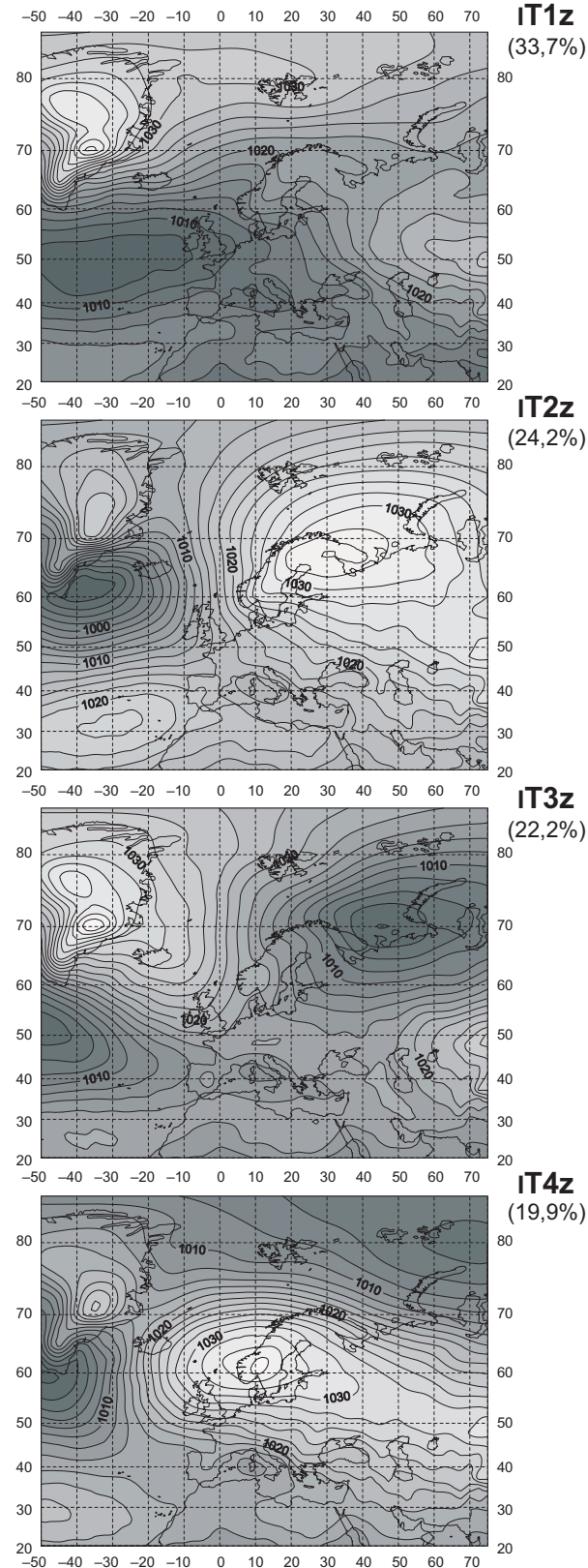


Załącznik 3. Typy rozkładu ciśnienia na poziomie morza [hPa] w dniach z silnymi lub bardzo silnymi wzniesieniami w Regionie Grenlandzkim (I), Regionie Wyżu Azjatyckiego (IIAE) i Wyżu Azorskiego (IIAW) w ciepłej połowie roku (IV—IX) w latach 1951—2010

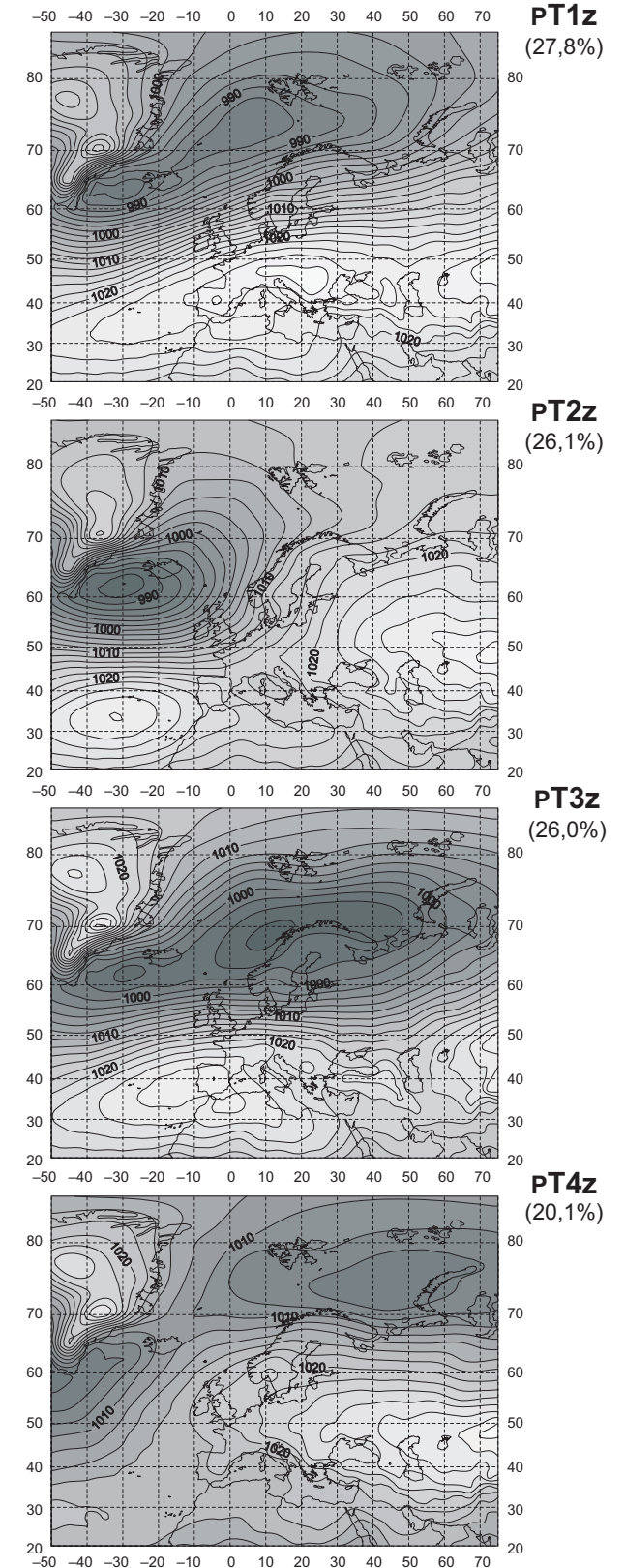
Annex 3. Types of sea level pressure distribution [hPa] on days with strong or very strong highs in the Greenland region (I), Asian region (IIAE) and the Azores region (IIAW) during the warm half of the year (Apr.—Sep.) in the period 1951—2010



Region Islandzki (IIIA)



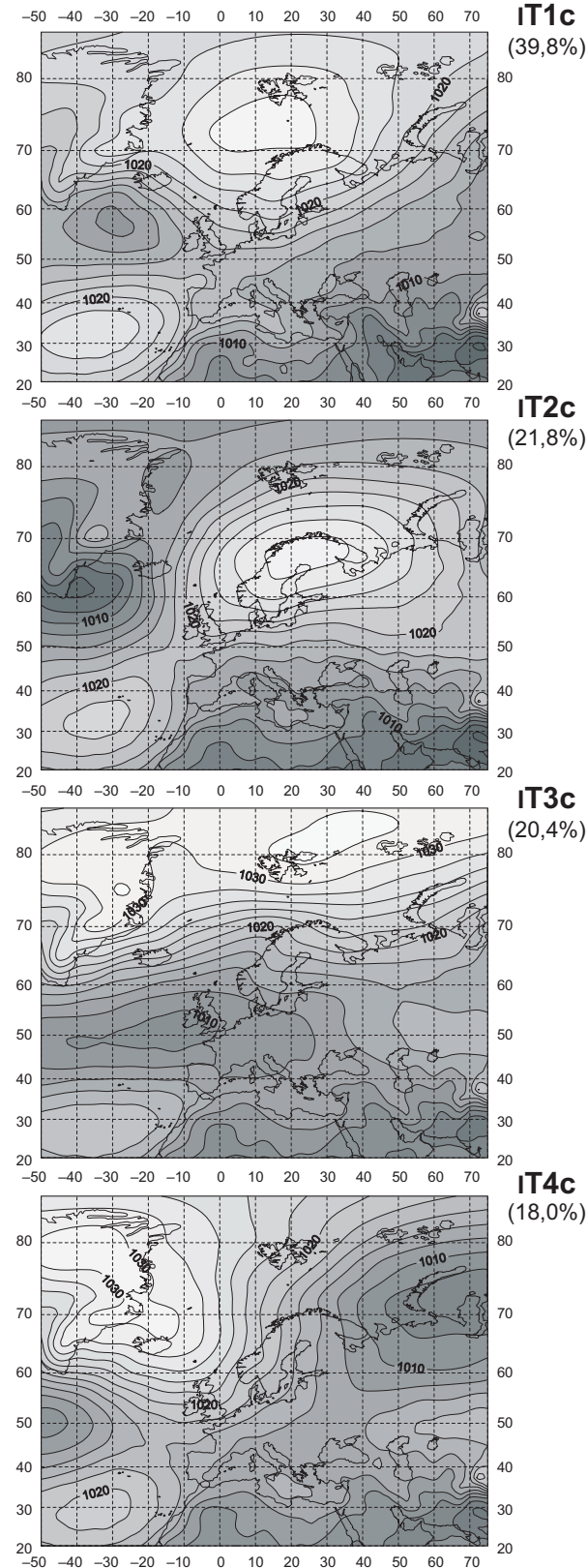
Region Południowy (IV)



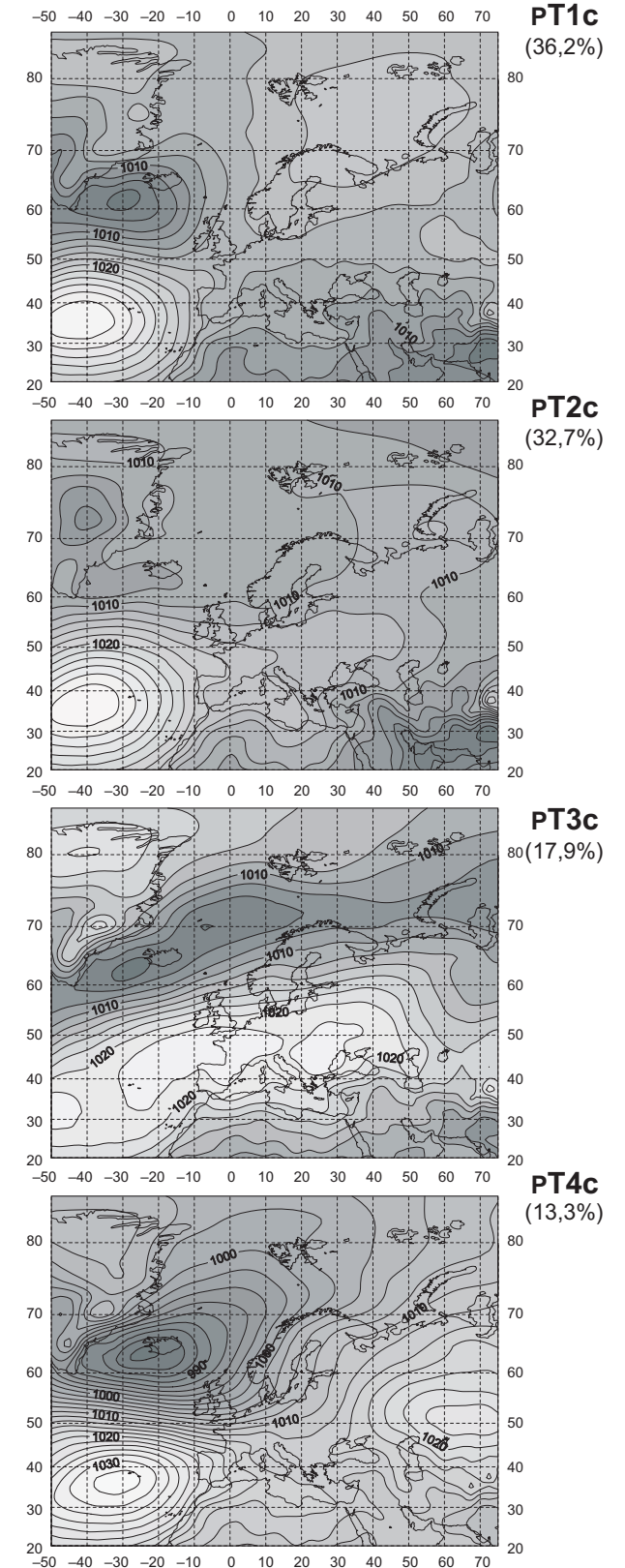
Załącznik 4. Typy rozkładu ciśnienia na poziomie morza [hPa] w dniach z silnymi lub bardzo silnymi wyżami w Regionie Islandzkim (IIIA) i Regionie Południowym (IV) w chłodnej połowie roku (X—III) w latach 1951—2010

Annex 4. Types of sea level pressure distribution [hPa] on days with strong or very strong highs in the Icelandic region (IIIA) and the Southern region (IV) during the cool half of the year (Oct.—Mar.) in the period 1951—2010

Region Islandzki (IIIA)



Region Południowy (IV)



Załącznik 5. Typy rozkładu ciśnienia na poziomie morza [hPa] w dniach z silnymi lub bardzo silnymi wyżami w Regionie Islandzkim (IIIA) i Regionie Południowym (IV) w ciepłej połowie roku (IV—IX) w latach 1951—2010

Annex 5. Types of sea level pressure distribution [hPa] on days with strong or very strong highs in the Icelandic region (IIIA) and the Southern region (IV) during the warm half of the year (Apr.—Sep.) in the period 1951—2010

Spis rycin

Rycina	1. Obszar badań z zaznaczoną siecią punktów węzłowych (gridów)	19
Rycina	2. Średnie dobowe wartości ciśnienia na poziomie morza [hPa] w latach 1951—2010	27
Rycina	3. Najniższe średnie dobowe wartości ciśnienia na poziomie morza [hPa] w latach 1951—2010	27
Rycina	4. Najwyższe średnie dobowe wartości ciśnienia na poziomie morza [hPa] w latach 1951—2010	28
Rycina	5. Średnie dobowe wartości ciśnienia na poziomie morza [hPa] w okresie X—III i IV—IX w latach 1951—2010	29
Rycina	6. Najniższe średnie dobowe wartości ciśnienia na poziomie morza [hPa] w okresie X—III i IV—IX w latach 1951—2010	30
Rycina	7. Najwyższe średnie dobowe wartości ciśnienia na poziomie morza [hPa] w okresie X—III i IV—IX w latach 1951—2010	31
Rycina	8. Rozkład przestrzenny 90, 95 i 99 percentyla dobowych wartości ciśnienia na poziomie morza [hPa] w latach 1951—2010	32
Rycina	9. Częstość występowania poszczególnych klas dobowych wartości ciśnienia na poziomie morza w okresie IV—IX w latach 1951—2010 (uwzględniono dane ze wszystkich punktów gridowych)	35
Rycina	10. Częstość występowania poszczególnych klas dobowych wartości ciśnienia na poziomie morza w okresie X—III w latach 1951—2010 (uwzględniono dane ze wszystkich punktów gridowych)	36
Rycina	11. Prawdopodobieństwo [%] wystąpienia określonych wartości ciśnienia na poziomie morza w latach 1951—2010	37
Rycina	12. Wieloletnie zmiany ciśnienia na poziomie morza [hPa] w wybranych punktach gridowych w latach 1951—2010	40
Rycina	13. Przestrzenne zróżnicowanie typów rocznego przebiegu ciśnienia w sektorze euroatlantyckim w latach 1951—2010 — regiony ciśnienia	44
Rycina	14. Średnie miesięczne wartości wybranych charakterystyk ciśnienia w wydzielonych regionach w sektorze euroatlantyckim w latach 1951—2010 .	45
Rycina	15. Średnie miesięczne wartości ciśnienia w wydzielonych regionach w sektorze euroatlantyckim w latach 1951—2010	47

Rycina 16. Regiony antycyklonalne wydzielone na podstawie kryterium 1030 hPa i 1035 hPa	53
Rycina 17. Regiony antycyklonalne wydzielone na podstawie kryterium 95 i 99 percentyla.	54
Rycina 18. Średnia liczba dni z ciśnieniem równym lub wyższym 1030 hPa i 1035 hPa oraz średnia wartość [hPa] 95 i 99 percentyla ciśnienia w regionach antycyklonalnych w latach 1951—2010	57
Rycina 19. Regiony antycyklonalne w sektorze euroatlantyckim (1951—2010).	58
Rycina 20. Liczba dni z silnymi (≥ 1030 hPa) i bardzo silnymi (≥ 1035 hPa) wyżami w regionach antycyklonalnych w latach 1951—2010 — wartości roczne i półrocza chłodnego (X—III).	62
Rycina 21. Liczba dni z silnymi (≥ 1030 hPa) i bardzo silnymi (≥ 1035 hPa) wyżami w regionach antycyklonalnych w latach 1951—2010 — wartości półrocza ciepłego (IV—IX)	70
Rycina 22. Średnia miesięczna liczba dni z silnymi (≥ 1030 hPa) i bardzo silnymi (≥ 1035 hPa) wyżami w regionach antycyklonalnych w latach 1951—2010	72
Rycina 23. Liczba dni z silnymi (≥ 1030 hPa) i bardzo silnymi (≥ 1035 hPa) wyżami w regionach antycyklonalnych w latach 1951—2010	80
Rycina 24. Typy rozkładu ciśnienia w dniach z silnymi lub bardzo silnymi wyżami w Regionie Grenlandzkim (I) w chłodnej połowie roku (X—III) w latach 1951—2010 — na poziomie morza oraz na powierzchni izobarycznej 500 hPa	90
Rycina 25. Liczba dni z wydzielonymi typami cyrkulacji występującymi w dniach z silnymi i bardzo silnymi wyżami w Regionie Grenlandzkim (I) w półroczu chłodnym (X—III) w latach 1951—2010	93
Rycina 26. Typy rozkładu ciśnienia w dniach z silnymi lub bardzo silnymi wyżami w Regionie Grenlandzkim (I) w ciepłej połowie roku (IV—IX) w latach 1951—2010 — na poziomie morza (SLP) oraz na powierzchni izobarycznej 500 hPa	94
Rycina 27. Liczba dni z wydzielonymi typami cyrkulacji występującymi w dniach z silnymi i bardzo silnymi wyżami w Regionie Grenlandzkim (I) w półroczu ciepłym (IV—IX) w latach 1951—2010.	96
Rycina 28. Typy rozkładu ciśnienia w dniach z silnymi lub bardzo silnymi wyżami w Regionie Wyżu Azjatyckiego (IIAE) w chłodnej połowie roku (X—III) w latach 1951—2010 — na poziomie morza (SLP) oraz na powierzchni izobarycznej 500 hPa	98
Rycina 29. Typy rozkładu ciśnienia w dniach z silnymi lub bardzo silnymi wyżami w Regionie Wyżu Azorskiego (IIAW) w chłodnej połowie roku (X—III) w latach 1951—2010 — na poziomie morza (SLP) oraz na powierzchni izobarycznej 500 hPa	102
Rycina 30. Liczba dni z wydzielonymi typami cyrkulacji występującymi w dniach z silnymi i bardzo silnymi wyżami w Regionie Wyżu Azjatyckiego (IIAE) w półroczu chłodnym (X—III) w latach 1951—2010.	106
Rycina 31. Liczba dni z wydzielonymi typami cyrkulacji występującymi w dniach z silnymi i bardzo silnymi wyżami w Regionie Wyżu Azorskiego (IIAW) w półroczu chłodnym (X—III) w latach 1951—2010.	107
Rycina 32. Typy rozkładu ciśnienia w dniach z silnymi lub bardzo silnymi wyżami w Regionie Wyżu Azjatyckiego (IIAE) w ciepłej połowie roku (IV—IX)	

	w latach 1951—2010 — na poziomie morza (SLP) oraz na powierzchni izobarycznej 500 hPa	108
Rycina 33.	Typy rozkładu ciśnienia w dniach z silnymi lub bardzo silnymi wyżami w Regionie Wyżu Azorskiego (IIAW) w ciepłej połowie roku (IV—IX) w latach 1951—2010 — na poziomie morza (SLP) oraz na powierzchni izobarycznej 500 hPa	110
Rycina 34.	Liczba dni z wydzielonymi typami cyrkulacji występującymi w dniach z silnymi i bardzo silnymi wyżami w Regionie Wyżu Azjatyckiego (IIAE) w półroczu ciepłym (IV—IX) w latach 1951—2010	113
Rycina 35.	Liczba dni z wydzielonymi typami cyrkulacji występującymi w dniach z silnymi i bardzo silnymi wyżami w Regionie Wyżu Azorskiego (IIAW) w półroczu ciepłym (IV—IX) w latach 1951—2010	115
Rycina 36.	Typy rozkładu ciśnienia w dniach z silnymi lub bardzo silnymi wyżami w Regionie Islandzkim (IIIA) w chłodnej połowie roku (X—III) w latach 1951—2010 — na poziomie morza (SLP) oraz na powierzchni izobarycznej 500 hPa	116
Rycina 37.	Typy rozkładu ciśnienia w dniach z silnymi lub bardzo silnymi wyżami w Regionie Islandzkim (IIIA) w ciepłej połowie roku (IV—IX) w latach 1951—2010 — na poziomie morza (SLP) oraz na powierzchni izobarycznej 500 hPa	119
Rycina 38.	Liczba dni z wydzielonymi typami cyrkulacji występującymi w dniach z silnymi i bardzo silnymi wyżami w Regionie Islandzkim (IIIA) w chłodnej połowie roku (X—III) w latach 1951—2010	121
Rycina 39.	Liczba dni z wydzielonymi typami cyrkulacji występującymi w dniach z silnymi i bardzo silnymi wyżami w Regionie Islandzkim (IIIA) w półroczu ciepłym (IV—IX) w latach 1951—2010	122
Rycina 40.	Typy rozkładu ciśnienia w dniach z silnymi lub bardzo silnymi wyżami w Regionie Południowym (IV) w chłodnej połowie roku (X—III) w latach 1951—2010 — na poziomie morza (SLP) oraz na powierzchni izobarycznej 500 hPa	125
Rycina 41.	Typy rozkładu ciśnienia w dniach z silnymi lub bardzo silnymi wyżami w Regionie Południowym (IV) w ciepłej połowie roku (IV—IX) w latach 1951—2010 — na poziomie morza (SLP) oraz na powierzchni izobarycznej 500 hPa	127
Rycina 42.	Liczba dni z wydzielonymi typami cyrkulacji występującymi w dniach z silnymi i bardzo silnymi wyżami w Regionie Południowym (IV) w półroczu chłodnym (X—III) w latach 1951—2010	128
Rycina 43.	Liczba dni z wydzielonymi typami cyrkulacji występującymi w dniach z silnymi i bardzo silnymi wyżami w Regionie Południowym (IV) w półroczu ciepłym (IV—IX) w latach 1951—2010	129
Rycina 44.	Udział [%] silnych wyżów występujących w półroczu chłodnym (X—III) w ogólnej liczbie silnych antycyklonów, jakie wystąpiły odpowiednio w całym wieloleciu oraz kolejnych dekadach lat 1951—2010	135
Rycina 45.	Liczba silnych układów antycyklonalnych występujących w sektorze euroatlantyckim w latach 1951—2010 (100% — liczba układów o podanych wartościach ciśnienia)	136
Rycina 46.	Udział [%] silnych wyżów o ciśnieniu ≥ 1045 hPa występujących w półroczu chłodnym (X—III) w ogólnej liczbie silnych antycyklonów, jakie	

	wystąpiły odpowiednio w całym wieloleciu oraz kolejnych dekadach lat 1951—2010	137
Rycina 47.	Liczba układów antycyklonalnych o ciśnieniu w centrum układu ≥ 1030 hPa w sektorze euroatlantyckim w latach 1951—2010	140
Rycina 48.	Liczba układów antycyklonalnych o ciśnieniu w centrum układu większym lub równym wybranym wartościom ciśnienia w sektorze euroatlantyckim w latach 1951—2010	141
Rycina 49.	Czas trwania silnych układów antycyklonalnych występujących w sektorze euroatlantyckim w latach 1951—2010	144
Rycina 50.	Silny wyż nad Grenlandią (9.01—28.02.1966) — 26.01.1966	145
Rycina 51.	Liczba silnych wyżów występująca w sektorze euroatlantyckim w kolejnych dziesięcioleciach okresu 1951—2010 — podział według czasu trwania układu [dni]	148
Rycina 52.	Liczba silnych układów antycyklonalnych występujących w sektorze euroatlantyckim w latach 1951—2010 — czas trwania układów trwających krócej niż 31 dni (w wybranych miesiącach)	150
Rycina 53.	Częstość występowania silnych i bardzo silnych układów wysokiego ciśnienia w regionach antycyklonalnych w latach 1951—2010	154
Rycina 54.	Udział [%] silnych wyżów występujących w półroczu chłodnym (X—III) w ogólnej liczbie silnych antycyklonów w regionach antycyklonalnych w wieloleciu i kolejnych dziesięcioleciach lat 1951—2010	156
Rycina 55.	Czas trwania silnych układów antycyklonalnych występujących w wybranych regionach antycyklonalnych w latach 1951—2010 — układy o ciśnieniu ≥ 1030 hPa	160
Rycina 56.	Czas trwania silnych układów antycyklonalnych występujących w wybranych regionach antycyklonalnych w latach 1951—2010 — układy o ciśnieniu ≥ 1035 hPa	162
Rycina 57.	Rozkład przestrzenny występowania centrów silnych układów antycyklonalnych w sektorze euroatlantyckim w latach 1951—2010	169
Rycina 58.	Rozkład przestrzenny występowania centrów silnych układów antycyklonalnych w sektorze euroatlantyckim w kolejnych dziesięcioleciach okresu 1951—2010	172
Rycina 59.	Rozkład przestrzenny występowania centrów silnych układów antycyklonalnych w sektorze euroatlantyckim w kolejnych miesiącach wielolecia 1951—2010	175
Rycina 60.	Rozkład przestrzenny występowania centrów silnych układów antycyklonalnych w sektorze euroatlantyckim w półroczu chłodnym (X—III) i ciepłym (IV—IX) w latach 1951—2010	179

Spis tabel

Tabela 1.	Wybrane charakterystyki statystyczne wartości ciśnienia w sektorze euroatlantyckim w latach 1951—2010	26
Tabela 2.	Największa częstość występowania określonych wartości ciśnienia w wybranych rejonach sektora euroatlantyckiego w latach 1951—2010	38
Tabela 3.	Wybrane charakterystyki statystyczne zmian dobowych wartości ciśnienia w wybranych punktach gridowych w latach 1951—2010.	41
Tabela 4.	Wybrane charakterystyki statystyczne średnich wartości ciśnienia na poziomie morza [hPa] w wydzielonych regionach w sektorze euroatlantyckim w latach 1951—2010	46
Tabela 5.	Najwyższa i najniższa średnia miesięczna wartość 95 i 99 percentyla ciśnienia [hPa] w wydzielonych regionach antycyklonalnych (wg kryterium 95 i 99 percentyla) w latach 1951—2010	56
Tabela 6.	Najwyższa i najniższa średnia miesięczna liczba dni z ciśnieniem wyższym lub równym 1030 hPa i 1035 hPa w wydzielonych regionach antycyklonalnych (wg kryterium 1030 hPa i 1035 hPa) w latach 1951—2010	56
Tabela 7.	Wybrane charakterystyki ciśnienia w regionach antycyklonalnych wydzielonych według kryterium percentyli oraz kryterium liczby dni z silnym lub bardzo silnym wżem (1951—2010)	58
Tabela 8.	Wybrane charakterystyki liczby dni z silnymi (≥ 1030 hPa) i bardzo silnymi (≥ 1035 hPa) wżami w regionach antycyklonalnych w latach 1951—2010	60
Tabela 9.	Udział [%] liczby dni z ciśnieniem ≥ 1030 hPa i ≥ 1035 hPa występujących w chłodnej (X—III) i ciepłej (IV—IX) połowie roku w ogólnej liczbie dni z silnymi i bardzo silnymi wżami w regionach antycyklonalnych w latach 1951—2010	61
Tabela 10.	Tendencja zmian liczby dni z silnymi (≥ 1030 hPa) i bardzo silnymi (≥ 1035 hPa) wżami w regionach antycyklonalnych w latach 1951—2010	64
Tabela 11.	Średnia miesięczna liczba dni z silnymi (≥ 1030 hPa) i bardzo silnymi (≥ 1035 hPa) wżami w regionach antycyklonalnych w latach 1951—2010	74
Tabela 12.	Średnia miesięczna wartość 95 i 99 percentyla ciśnienia [hPa] w wydzielonych regionach antycyklonalnych w latach 1951—2010	75

Tabela 13. Liczba przypadków, w których roczne maksimum częstości dni z silnymi (≥ 1030 hPa) i bardzo silnymi (≥ 1035 hPa) wyżami w regionie IV spadało w określonym miesiącu (1951—2010)	83
Tabela 14. Częstość występowania wydzielonych typów rozkładu pola ciśnienia dla poszczególnych regionów antycyklonalnych w latach 1951—2010	87
Tabela 15. Liczba dni z wybranymi średnimi dobowymi wartościami ciśnienia oraz ich udział w liczbie dni półrocza ciepłego (IV—IX) i chłodnego (X—III) w wybranych regionach antycyklonalnych w latach 1951—2010	88
Tabela 16. Wybrane charakterystyki liczby dni z określonym typem cyrkulacji w dniach z silnymi i bardzo silnymi wyżami występującymi w Regionie Grenlandzkim (I) w półroczu chłodnym (X—III) w latach 1951—2010	91
Tabela 17. Wybrane charakterystyki liczby dni z określonym typem cyrkulacji w dniach z silnymi i bardzo silnymi wyżami występującymi w Regionie Grenlandzkim (I) w półroczu ciepłym (IV—IX) w latach 1951—2010	97
Tabela 18. Wybrane charakterystyki typów cyrkulacji w dniach z silnymi i bardzo silnymi wyżami występujących w Regionie Grenlandzkim (I), Azjatyckim (IIAE) i Azorskim (IIAW) w półroczu chłodnym (X—III) w latach 1951—2010	100
Tabela 19. Tendencja zmian liczby dni z wydzielonymi typami cyrkulacji w wybranych regionach antycyklonalnych w półroczu chłodnym (X—III) w latach 1951—2010	104
Tabela 20. Tendencja zmian liczby dni z wydzielonymi typami cyrkulacji [liczba dni / 10 lat] w wybranych regionach antycyklonalnych w półroczu ciepłym (IV—IX) w latach 1951—2010	112
Tabela 21. Tendencja zmian liczby dni z wydzielonymi typami cyrkulacji [liczba dni / 10 lat] w Regionie Islandzkim (IIIA) w latach 1951—2010	120
Tabela 22. Tendencja zmian liczby dni z wydzielonymi typami cyrkulacji [liczba dni / 10 lat] w Regionie Południowym (IV) w latach 1951—2010	130
Tabela 23. Częstość [%] występowania silnych wyżów w sektorze euroatlantyckim w poszczególnych dziesięcioleciach okresu 1951—2010 (suma wartości dla wszystkich dziesięcioleci = 100%)	138
Tabela 24. Tendencja zmian liczby silnych układów antycyklonalnych w sektorze euroatlantyckim w latach 1951—2010 [liczba dni / 10 lat].	139
Tabela 25. Liczba silnych wyżów trwających 15 i więcej dni w sektorze euroatlantyckim w latach 1951—2010	147
Tabela 26. Czas trwania oraz ciśnienie w centrum najdłuższej trwającego układu wysokiego ciśnienia w sektorze euroatlantyckim w latach 1951—2010 w poszczególnych miesiącach	149
Tabela 27. Średnia liczba silnych i bardzo silnych wyżów występująca w regionach antycyklonalnych w latach 1951—2010	152
Tabela 28. Udział wyżów o ciśnieniu ≥ 1035 hPa w ogólnej liczbie silnych wyżów [%] w regionach antycyklonalnych w latach 1951—2010	153
Tabela 29. Udział [%] wyżów występujących w chłodnej połowie roku (X—III) w regionach antycyklonalnych w latach 1951—2010	153
Tabela 30. Zakres zmian częstości występowania wyżów w regionach antycyklonalnych w kolejnych dziesięcioleciach lat 1951—2010	158
Tabela 31. Tendencja zmian liczby silnych układów antycyklonalnych w sektorze euroatlantyckim w latach 1951—2010 [liczba dni / 10 lat]	159

Tabela 32. Udział [%] wyżów występujących w wybranych regionach antycyklonalnych trwających 15 i więcej dni w porównaniu z liczbą wszystkich wyżów, jakie wystąpiły w latach 1951—2010 160

Spis załączników

- Załącznik 1. Regiony antycyklonalne w sektorze euroatlantyckim (1951—2010), (wklejka)
- Załącznik 2. Typy rozkładu ciśnienia na poziomie morza [hPa] w dniach z silnymi lub bardzo silnymi wyżami w Regionie Grenlandzkim (I), Regionie Wyżu Azjatyckiego (IIAE) i Wyżu Azorskiego (IIAW) w chłodnej połowie roku (X—III) w latach 1951—2010, (wklejka)
- Załącznik 3. Typy rozkładu ciśnienia na poziomie morza [hPa] w dniach z silnymi lub bardzo silnymi wyżami w Regionie Grenlandzkim (I), Regionie Wyżu Azjatyckiego (IIAE) i Wyżu Azorskiego (IIAW) w ciepłej połowie roku (IV—IX) w latach 1951—2010, (wklejka)
- Załącznik 4. Typy rozkładu ciśnienia na poziomie morza [hPa] w dniach z silnymi lub bardzo silnymi wyżami w Regionie Islandzkim (III_A) i Regionie Południowym (IV) w chłodnej połowie roku (X—III) w latach 1951—2010, (wklejka)
- Załącznik 5. Typy rozkładu ciśnienia na poziomie morza [hPa] w dniach z silnymi lub bardzo silnymi wyżami w Regionie Islandzkim (III_A) i Regionie Południowym (IV) w ciepłej połowie roku (IV—IX) w latach 1951—2010, (wklejka)

Spis treści

1. Wprowadzenie	5
1.1. Układy wysokiego ciśnienia jako ważny element cyrkulacji atmosfery . . .	8
1.2. Cel i zakres pracy	16
1.3. Materiał badawczy i metody badań	18
2. Charakterystyka rozkładu ciśnienia w sektorze euroatlantyckim w latach 1951—2010	25
3. Regionalne zróżnicowanie rocznego przebiegu ciśnienia w sektorze euroatlantyckim w latach 1951—2010	43
4. Regiony występowania silnych antycyklonów w sektorze euroatlantyckim . . .	49
4.1. Definicja silnych układów antycyklonalnych	51
4.2. Regiony antycyklonalne	52
4.3. Zmienność wieloletnia i roczny przebieg występowania silnych wyżów . . .	59
4.3.1. Silne wyży występujące w chłodnej połowie roku (X—III)	62
4.3.2. Bardzo silne wyży występujące w chłodnej połowie roku (X—III) . . .	67
4.3.3. Silne i bardzo silne wyży występujące w ciepłej połowie roku (IV—IX) . .	68
4.3.4. Silne i bardzo silne wyży — przebieg roczny	72
5. Typy rozkładu pola ciśnienia podczas występowania silnych układów antycyklonalnych	85
5.1. Wyznaczanie typów rozkładu pola ciśnienia, którym towarzyszyło występowanie silnych układów antycyklonalnych	85
5.2. Typy rozkładu pola ciśnienia podczas występowania silnych układów antycyklonalnych	88
5.2.1. Silne i bardzo silne wyży w Regionie Grenlandzkim	89
5.2.2. Silne i bardzo silne wyży w Regionie Wyżu Azjatyckiego i Wyżu Azorskiego	98
5.2.3. Silne wyży w Regionie Islandzkim	116
5.2.4. Silne i bardzo silne wyży w Regionie Południowym	123

6. Liczba oraz czas trwania silnych układów antycyklonalnych	133
6.1. Roczna i wieloletnia zmienność występowania silnych wyżów	134
6.2. Czas trwania silnych wyżów	142
6.3. Roczna i wieloletnia zmienność występowania silnych wyżów w regionach antycyklonalnych	151
6.4. Czas trwania silnych wyżów w regionach antycyklonalnych	160
7. Przestrzenny rozkład występowania centrów silnych układów antycyklonalnych w sektorze euroatlantyckim w latach 1951—2010	167
7.1. Przestrzenny rozkład występowania centrów silnych układów antycyklonalnych — zmienność wieloletnia	168
7.2. Przestrzenny rozkład występowania centrów silnych układów antycyklonalnych — przebieg roczny	174
8. Podsumowanie i wnioski	181
Literatura	187
Summary	203
Zusammenfassung	205
Spis rycin	209
Spis tabel	213
Spis załączników	217

Zdjęcie na okładce: Tomasz Bielec

Redaktor: Barbara Todos-Burny

Projektant okładki: Magdalena Starzyk

Łamanie: Edward Wilk

Copyright © 2014 by

Wydawnictwo Uniwersytetu Śląskiego

Wszelkie prawa zastrzeżone

ISSN 0208-6336

ISBN 978-83-226-2286-5

Wydawca

Wydawnictwo Uniwersytetu Śląskiego

ul. Bankowa 12B, 40-007 Katowice

www.wydawnictwo.us.edu.pl

e-mail: wydawus@us.edu.pl

Wydanie I. Ark. druk. 14,0 + 5 wklejek. Ark. wyd. 18,0.

Papier offset. kl. III, 90 g Cena 44 zł (+ VAT)

Druk i oprawa: PPHU TOTEM s.c.

M. Rejnowski, J. Zamiara

ul. Jacewska 89, 88-100 Inowrocław



Więcej o książce



CENA 44 ZŁ
(+ VAT)

ISSN 0208-6336
ISBN 978-83-226-2286-5